

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»**

Теплоенергетичний факультет
Кафедра теоретичної і промислової теплотехніки

«На правах рукопису»
УДК 621.182

«До захисту допущено»
Завідувач кафедри

(підпис) Г.Б.Варламов
(ініціали, прізвище)
“ ____ ” _____ 2019 р.

**Магістерська дисертація
на здобуття ступеня магістра**

зі спеціальності 144 «Теплоенергетика»

на тему: «Підвищення ефективності та екологічної чистоти експлуатації котла ПТВМ-100 Дарницької ТЕЦ-4 за рахунок застосування мікрофакельних пальників»

Виконав: студент II курсу, групи ТП – 381мп

Чеботарьов Олександр Євгенович
(прізвище, ім'я, по батькові)

(підпис)

Науковий керівник д.т.н. проф. Варламов Г. Б.
(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)

(підпис)

Консультант з охорони праці к.т.н., доцент Каштанов С.Ф.
(назва розділу) (науковий ступінь, вчене звання, прізвище, ініціали)

(підпис)

Рецензент _____
(посада, науковий ступінь, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

(підпис)

Засвідчую, що у цій магістерській дисертації
немає запозичень з праць інших авторів без
відповідних посилань.

Студент _____
(підпис)

Київ – 2019 року

**Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут
імені Ігоря Сікорського»**

Факультет Теплоенергетичний

Кафедра Теоретичної і промислової теплотехніки

Рівень вищої освіти – другий (магістерський) за освітньо-професійною програмою

Спеціальність 144 «Теплоенергетика»

ОПП «Промислова та муніципальна теплоенергетика і енергозбереження»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ Г.Б.Варламов
(підпис) (ініціали, прізвище)

« ____ » _____ 2019 р.

ЗАВДАННЯ
на магістерську дисертацію студента
Чеботарьова Олександра Євгеновича
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема дисертації «Підвищення ефективності та екологічної чистоти експлуатації котла ПТВМ-100 Дарницької ТЕЦ-4 за рахунок застосування мікрофакельних пальників»

науковий керівник дисертації Варламов Геннадій Борисович, д.т.н., проф.,
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом по університету від « 4 » листопада 2019 р. № 3813-С

2. Термін подання студентом дисертації 16.12.2019 р.

3. Об'єкт дослідження Водогрійний котел ПТВМ - 100

4. Вихідні дані

Параметри котла

- теплопродуктивність $Q=116,3$ МВт;

- витрати води $G_g=2140$ т/год;

- температура води на вході $t_{ex}=104$ °С; температура води на виході $t_{vix}=150$ °С;

Паливо: газ, мазут.

Газ витрати $B_g=12500$ м³/год;

Мазут витрата $B_m=14100$ м³/год.

5. Перелік завдань, які потрібно розробити

1) Визначити особливості горіння газового факела у котлі ПТВМ-100.

2) Розрахувати параметри та тепловий баланс котлоагрегату.

3) Виконати опис штатної пальникової системи.

4) Провести моделювання топкових процесів роботи штатних та мікрофакельних пальників.

5) Обґрунтувати заміну штатних пальників на газові мікрофакельні типу МГП.

6) Розробити стартап-проект.

7) Розглянути питання охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях.

6. Орієнтовний перелік графічного (ілюстративного) матеріалу

- 1) Креслення загальний вигляд котла ПТВМ-100 – 3 арк.;
- 2) Креслення штатного пальника – 1 арк.;
- 3) Креслення загального виду пальника МГП – 2 арк.;
- 4) Принципова гідравлічна схема циркуляції води – 1 арк.;
- 5) Схема тепломережних установок – 1 арк.;
- 6) Креслення трубних дошок, трубки - 1 арк.;

7. Орієнтовний перелік публікацій – тези доповіді.

8. Консультанти розділів дисертації

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Охорона праці	Каштанов С.Ф, доцент		

9. Дата видачі завдання: 30.10.2019 р.

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання магістерської дисертації	Термін виконання етапів магістерської дисертації	Примітка
1	Особливості горіння газового факела у котлі ПТВМ-100	09.11.2019 р.	
2	Розрахунки теплового балансу	22.11.2019 р.	
3	Опис штатної пальникової системи	23.11.2019 р.	
4	Моделювання топкових процесів роботи	28.11.2019 р.	
5	Обґрунтування заміни штатних пальників	30.11.2019 р.	
6	Розробка стартап-проекту	02.12.2019 р.	
7	Охорона праці	03.12.2019 р.	
8	Креслення		
8.1	Котел ПТВМ-100	20.11.2019 р.	
8.2	Штатний пальник	23.11.2019 р.	
8.3	Пальник МГП	26.11.2019 р.	
8.4	Креслення трубних дошок, трубки	30.11.2019 р.	
8.5	Схема тепломережних установок	02.12.2019 р.	
8.6	Принципова гідравлічна схема циркуляції	04.12.2019 р.	
9	Оформлення пояснювальної записки	05.12.2019 р.	

Студент

_____ (підпис)

О. Є. Чеботарьов
(ініціали, прізвище)

Науковий керівник дисертації

_____ (підпис)

Г. Б. Варламов
(ініціали, прізвище)

РЕФЕРАТ

Магістерська дисертація на здобуття ступеня магістра за освітньо-професійною програмою підготовки на тему: «Підвищення ефективності та екологічної чистоти експлуатації котла ПТВМ-100 Дарницької ТЕЦ-4 за рахунок застосування мікрофакельних пальників»: 129 с., 38 рис., 36 табл., 2 доп., 21 джерел, 9 креслень формату А1.

Об'єкт розробки - пальникова система котла ПТВМ-100 Дарницької ТЕЦ-4.

Мета роботи – розробити заходи з підвищення ефективності та екологічної чистоти експлуатаційних характеристик потужного енергетичного котла типу ПТВМ-100 за рахунок застосування сучасних інноваційних рішень з використанням моделювання та оптимізації аеродинамічних та теплових процесів у топці котла.

На підставі результатів комплексного моделювання та використання реальних показників роботи котла запропоновано застосування інноваційних мікрофакельних пальників, здатних покращити процеси спалювання природного газу у топці та екологічні процеси енергоперетворення, що підвищує ККД котла та знижує концентрації шкідливих викидів. Виконані розрахунки геометричних параметрів, аеродинамічного опору та теплових характеристик нового типу пальників для котла з акцентуванням на підвищення екологічної чистоти та енергоефективності роботи котла.

У розробленому стартап-проекті, виконано порівняння застосування запропонованого мікрофакельного пальника з продуктом конкурентів. На підставі маркетингового аналізу встановлено, що обладнання є конкурентноздатним і пріоритетним для застосування при виробництві котельного обладнання для об'єктів промислової енергетики і комунального господарства України.

Передбачені заходи з охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: водогрійний котел, трубчаста технологія, пальник, аеродинаміка, оксиди азоту.

					Т - з81мп 15 003 ПЗ	Арк.
						4
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ESSAY

Master's thesis for a master's degree in educational and professional training program on the topic: “Improving the efficiency and environmental friendliness of the operation of the PTVM-100 of Darnitskaya Thermal Power Station-4 using microflare burners”. It contains 129 pages, 18 pictures, 15 tables, 2 appendix, 8 sources, 9 drawings of the A1 format.

Development Object - boiler burner system of PTVM -100 of the Darnitskaya Thermal Power Station-4.

Main goal of the work - to develop measures to improve the efficiency and environmental friendliness of the operational characteristics of a powerful energy boiler type PHO-100 through the use of modern innovative solutions using modeling and optimization of aerodynamic and thermal processes in the boiler furnace.

Based on the results of complex modeling and the use of real boiler performance indicators, it is proposed to use innovative microflare burners that can improve the combustion of natural gas in the furnace and environmental energy conversion processes, which increases the boiler's efficiency and reduces the concentration of harmful emissions. The geometric parameters of aerodynamic drag and thermal characteristics of a new type of burners for the boiler were calculated, with an emphasis on improving the environmental cleanliness and energy efficiency of the boiler.

In the developed startup project, a comparison is made of the use of the proposed microflare burner with the product of competitors. Based on marketing analysis, it was found that the equipment is competitive and priority for use in the manufacture of boiler equipment for industrial energy and public utilities in Ukraine.

Occupational safety and emergency measures are foreseen.

KEYWORDS: hot water boiler, tubular technology, burner, aerodynamics, nitrogen oxides.

					Т - 381мп 15 003 ПЗ	Арк.
						5
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РЕФЕРАТ

Магистерская диссертация на соискание степени магистра по образовательно-профессиональной программе подготовки на тему: «Повышение эффективности и экологической чистоты эксплуатации котла ПТВМ-100 Дарницкой ТЭЦ-4 за счет применения микрофакельных горелок»: 129 с., 38 рис., 36 табл., 2 доп., 21 источников, 9 чертежей формата А1.

Объект разработки - горелочная система котла ПТВМ-100 Дарницкой ТЭЦ-4.

Цель работы - разработать мероприятия по повышению эффективности и экологической чистоты эксплуатационных характеристик мощного энергетического котла типа ПТВМ-100 за счет применения современных инновационных решений с использованием моделирования и оптимизации аэродинамических и тепловых процессов в топке котла.

На основании результатов комплексного моделирования и использования реальных показателей работы котла предложено применение инновационных микрофакельных горелок, способных улучшить процессы сжигания природного газа в топке и экологические процессы энергопреобразования, что повышает КПД котла и снижает концентрации вредных выбросов. Выполнены расчеты геометрических параметров аэродинамического сопротивления и тепловых характеристик нового типа горелок для котла, с акцентом на повышение экологической чистоты и энергоэффективности работы котла.

В разработанном стартап-проекте, выполнено сравнение применения предложенной микрофакельной горелки с продуктом конкурентов. На основании маркетингового анализа установлено, что оборудование является конкурентоспособным и приоритетным для применения при производстве котельного оборудования для объектов промышленной энергетики и коммунального хозяйства Украины.

Предусмотрены мероприятия по охране труда и безопасности в чрезвычайных ситуациях.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: водогрейный котел, трубчатая технология, горелка, аэродинамика, оксиды азота.

					Т - 381мп 15 003 ПЗ	Арк.
						6
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ЗМІСТ

Перелік умовних позначень, символів, скорочень, термінів	9
ВСТУП.....	11
1 Характеристики котла птвм - 100	13
1.1 Технічні та екологічні характеристики.....	13
1.2 Особливості горіння газового факела у котлі ПТВМ - 100	18
1.3 Умови утворення шкідливих речовин	21
1.4 Умови експлуатації котла	23
1.5 Розрахунок процесу горіння, теплової баланс	26
1.6 Висновки до розділу 1	51
2 Опис штатної пальникової системи.....	52
2.1 Загальні дані штатних пальників.....	52
2.2 Технічні та екологічні умови експлуатації штатних пальників	53
2.3 Процес пуску та останови котла, переходу на новий режим навантаження, робота з пальниками	58
2.4 Схема теплопостачання станції.....	61
2.5 Контрольно-вимірювальні прилади, автоматичні регулятори, технологічні захисти і блокування	62
2.6 Висновки до розділу 2	64
3 Моделювання топкових процесів	65
3.1 Загальні аеродинамічні характеристики роботи штатних пальників	65
3.2 Моделювання аеродинамічних процесів мікрофакельного пальника	68
3.3 Аналіз моделювання аеродинамічних процесів у трьох пальниках трубчастого типу	75
3.4 Висновки до розділу 3	80

					ТП - 381мп 15 003 ПЗ			
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата				
Студент		Чеботарьов О			Підвищення ефективності та екологічної чистоти експлуатації котла ПТВМ-100 Дарницької ТЕЦ-4 за рахунок застосування мікрофакельних пальників Пояснювальна записка	Стадія	Аркуш	Аркушів
Керівник		Варламов Г. Б.					7	
Н. контр.						КП ім. Ігоря Сікорського», ТЕФ, каф. ТПТ		
Н.контр.								
Зав. каф.		Варламов Г.Б.						

4 Модернізація пального системи	82
4.1 Особливості мікрофакельного спалювання газоповітряної суміші.....	82
4.2 Особливості конструкції мікропальників.....	85
4.3 Техніко-екологічні особливості роботи мікрофакельних пальників у складі котла	87
4.3. Розрахунок економічного ефекту.....	97
4.4 Висновки до розділу 4	99
5 охора праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	100
5.1 Технічні рішення та організаційні заходи з безпеки експлуатації устаткування котельні.....	100
5.2 Технічні рішення та організаційні заходи з гігієни праці і виробничої санітарії.....	103
5.3 Безпека в надзвичайних ситуаціях	108
5.4 Висновки до розділу 5	113
6 Розроблення стартар-проекту.....	114
6.1 Етапи розроблення стартар-проекту.....	114
6.2 Мета та завдання проведення маркетингового аналізу.....	115
6.3 Етапи маркетингового аналізу стартар-проекту.....	116
6.4 Висновок до розділу 6	121
ВИСНОВКИ.....	122
Список використаної літератури.....	124
Додаток А	
Технічне завдання на проектно-конструкторську розробку	126
Додаток Б	
Акт впровадження результатів магістерської дисертації	127
Додаток В	
Список наукових праць	128
Додаток Г	
Результат перевірки на плагіат	129

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, СКОРОЧЕНЬ, ТЕРМІНІВ

Умовні позначення

Q – тепловий потік;
 P – тиск;
 T – температура;
 V – об'єм;
 D – витрата мережної води;
 B – витрата палива;
 H – напір;
 W – швидкість;
 ζ – об'ємна доля;
 t – температура;
 N – кількість;
 L – довжина;
 \mathcal{J} – тепловміст;
 η – ККД;
 α – коефіцієнт надлишку повітря;
 Re – число Рейнольдса;

Індекси

Нижні:

ж.в. – живильна вода;
відх. г. – відхідних газів;
т – топкова камера;
нас – насичення;
х. п. – холодного повітря;
пр. – продування;
пов. – повітря;
газ – газ;

Верхні:

тр – трубна система;
Т – топка;
патр. – патрубок;
пал – пальник;
г – газ;
м – мазут;

					ТП - 381мп 15 003 ПЗ	Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Скорочення

ПТВМ – піковий теплофікаційний водогрійний газомазутний;

ПЕК – паливно-енергетичний комплекс;

ТЕЦ – теплоелектроцентрально;

ТЕС – теплова електрична станція;

ККД – коефіцієнт корисної дії;

ТМД – трубчастий модуль дифузійний;

ТМДН – трубчастий модуль дифузійний з насадкою;

ТМП – трубчастий модуль з попереднім змішуванням;

ТМК – трубчастий модуль комбінований;

КЕО – коефіцієнт природного освітлення.

НС – надзвичайна ситуація

Табл. – таблиця;

Рис. – рисунок;

Навч. посіб. – навчальний посібник.

					ТП - 381мп 15 003 ПЗ	Арк.
						10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВСТУП

Енергетична безпека - найважливіша складова життєдіяльності країни. Вона трактується як захищеність громадян і держави в цілому від загроз дефіциту енергії та енергоресурсів, що виникають через негативні природні, техногенні, управлінські, соціально-економічні, всередині - і зовнішньополітичні чинники.

Одним з аспектів енергетичної безпеки є стан потужностей з виробництва електроенергії та перспектив їх розвитку на найближчу і довгострокову перспективу. При розгляді цього питання необхідно брати до уваги відповідність виробництва електроенергії потребам країни, наявність первинних енергоресурсів.[1]

Сучасний стан енергетичних об'єктів України слід розглядати як критичний. Устаткування, введене в експлуатацію в 60 - 70-ті рр. і запроектоване за нормами 50-х рр. минулого століття, відпрацювало ресурс, фізично і морально застаріло. Порядку 63% енергоблоків, знаходяться за кордоном фізичного зносу, близько 28%, впритул наближаються до граничної межі зносу, а залишившиєся - 9%, - до розрахункового.

Експлуатація обладнання ТЕС ускладняються тим, що воно часто працює на непроектному паливі, в маневрених режимах, не передбачених проектом, що призводить до швидкого зносу устаткування і зниження техніко-економічних показників, додаткової витрати палива. В даний час з-за старіння обладнання, браку коштів на закупівлю палива і спаду електроспоживання з 36 млн кВт встановленої потужності ТЕС практично бере активну участь в генерації лише близько 19 млн кВт, тобто всього близько 53%. Майже вся інша половина невикористовуваних потужностей ТЕС вичерпала свій ресурс і повинна бути виведена з експлуатації, так як її наявність знижує економічні показники галузі.

Постійне зростання вартості електроенергії, зростання вимог до зменшення викидів в навколишнє середовище з боку законодавства, необхідність збільшення терміну служби обладнання, неможливість введення нових енергетичних потужностей, вимагають здійснювати заходи щодо підвищення рівня енергозбереження.

Тому стратегічно правильним є комбінований підхід. Поряд з ремонтами і маловитратними заходами необхідно в якомога більших обсягах виконувати і повномасштабне технічне переозброєння, засноване на сучасних технологіях.

Магістерська дисертація присвячена дослідженню та розробці ефективних заходів з підвищення енергетичної ефективності і екологічної безпеки експлуатації потужного енергетичного котла ПТВМ-100 у складі Дарницької ТЕЦ-4 у місті Київ, який забезпечу теплове навантаження об'єкту.

					ТП - 381мп 15 003 ПЗ	Арк.
						11
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

За результатами виконаної роботи запропоновано та обґрунтована доцільність застосування мікрофакільних пальників, здатних суттєво покращити продуктивність спалювання природного газу, у порівнянні з існуючими штатними реєстровими пальниками, розташованими у топці котла, з покращенням теплопередачі і зниженням питомої концентрації шкідливих викидів оксидів азоту та оксидів вуглецю.

Результати ґрунтуються на підставі ознайомлення та застосування практичних даних роботи котла, проведення досліджень на моделі у програмі автоматичного проектування «SolidWorks», та визначенням особливостей заміни пальників.

					ТП - 381мп 15 003 ПЗ	Арк.
						12
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1 ХАРАКТЕРИСТИКИ КОТЛА ПТВМ - 100

1.1 Технічні та екологічні характеристики

Котел піковий теплофікаційний водогрійний газомазутний ПТВМ-100 використовується для опалення промислових та побутових об'єктів, для покриття пікових навантажень. ПТВМ-100 є водотрубним, прямоточним, топочна камера якого повністю екранована з розташованими над нею конвективними пакетами.

Паливо котла – високосірчастий мазут або газ. Топочна камера має розміри 6,23 х 6,23 м її об'єм 245 м³. Призматична частина висотою 5,3 м. Труби 60 х 3 мм повністю екранують стіни топочної камери, променесприймаюча поверхня екранів складає 224 м². Горизонтальні пояси жорсткості з кроком по висоті 2,8 м з'єднують всі труби між собою. Амбразури пальників виконані з трубчатих ошипованих кілець та включені у циркуляцію котла.

Секції, у кількості 92 шт., із U-образних змійовиків: труби 28 х 3 мм, які уварені своїми кінцями в стояки 83 х 3,5 мм., складають конвективну частину. Жорстку форму труб змійовиків кожної секції, утворюють шість зварених вертикально планок. Конвективна поверхня нагріву – 2960 м², в напрямку течії газів розділена на два пакети з зазором 650 мм.

ПТВМ-100 обладнаний газомазутними пальниками з індивідуальними дуттьовими вентиляторами. Периферійне підведення газу до пальників, дозволяє знизити викиди оксидів азоту. Це досягається двоступеневим перерозподілом потоків повітря і палива всередині пальника. Закручене асиметрично, первинне повітря подається потоком по периферії циліндричного каналу пальника, де змішується з газом, який подається периферійно. По трубці, розташованій по вісі каналу, подається вторинне повітря. Горіння палива відбувається за межами пальника, в топочному об'ємі. Продуктивність газового пальника 900 м³/ч.

Мазутні форсунки механічного розпилювання використовуються для спалювання високосірчастого мазуту. Вони таруються на спеціальному стенді. Тиск мазуту у форсунці 20 кгс/см², продуктивність 800 кг/год.

Чотири плоских рами, зв'язаних у просторову конструкцію, у вигляді паралелепіпеда, загальною висотою 14,45 м і розмірами у плані 6,9 х 6,9 м., складають каркас ПТВМ-100. Кутові колони - загальні для двох рам, та примикають одна до одної у кутах. На верхній відмітці розташовані вантажні ригелі рам та несучі балки стелі, до яких за спеціальні тяги підвішується весь котел. Помости, що охоплюють каркас на трьох відмітках, використовуються для надання загальної просторової жорсткості всієї конструкції.

Безпосередньо на трубах закріплюється полегшена обмуровка котла. Надтрубна обмуровка складається з трьох шарів теплоізоляційних матеріалів: шамотобетону на глиноземистому цементі, мінеральної вати у виді матраців в металевій сітці та

					ТП - 381мп 15 003 ПЗ	Арк.
						13
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ущільнювальній газонепроникній обмазці, які забезпечують гідроізоляцію поверхні котла від атмосферних опадів.

Котел ПТВМ має баштову компоновку (рис.1). Газоходи котла заводяться в загальний збірний короб, що примикає до димової труби. На газоходах, для підвищення продуктивності котла встановлені димососи ДН-24 ГМ. Крім того, газоходи ПТВМ можуть бути обладнаними байпасним газоходом, що з'єднує газохід котла зі збірним коробом, мінаючи димосос.

Димососи ДН-24 ГМ одностороннього всмоктування. Ходова частина димососа складається з вала і литого корпусу підшипників, радіально-упорного здвоєного шарикопідшипника і двох роликотпідшипників. Корпуси підшипників мають масляні ванни для рідкого мастила.

При спалюванні сірчистого мазуту на трубах конвективної частини утворюються липкі золіві відкладення, які видаляються обмивкою, при зупинці котла. Шляхом подачі мережевої води через сопла, які закріплені на трубах, розташованих у газовому коробі над конвективними пакетами, виконують обмивку.

Циркуляція мережевої води здійснюється по двооходовій схемі. Через вхідну засувку ДУ 600 мережева вода надходить у дві вхідні камери розміром 426 х 16мм. По двох трубопроводах ДУ 250мм., з вхідних камер вода надходить у вхідні нижні колектори бокових екранів, звідки пройшовши екранні труби 60 х 3мм, двома потоками по 96 труб у кожному екрані, вода надходить у розділені перегородкою верхні колектори бокових екранів. З передніх відсіків верхніх колекторів бокових екранів вода надходить у верхній передній колектор конвективної частини. З верхніх колекторів вода надходить у стояки, до яких підключені два пакети конвективної частини. З конвективної частини вода надходить у проміжні передній і задній колектори, потім по екранних трубах у нижні колектори, а з них - у два вихідних колектори. Загальний вигляд котла наведено на рисунку 1.1 і 1.2.

					ТП - з81мп 15 003 ПЗ	Арк.
						14
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

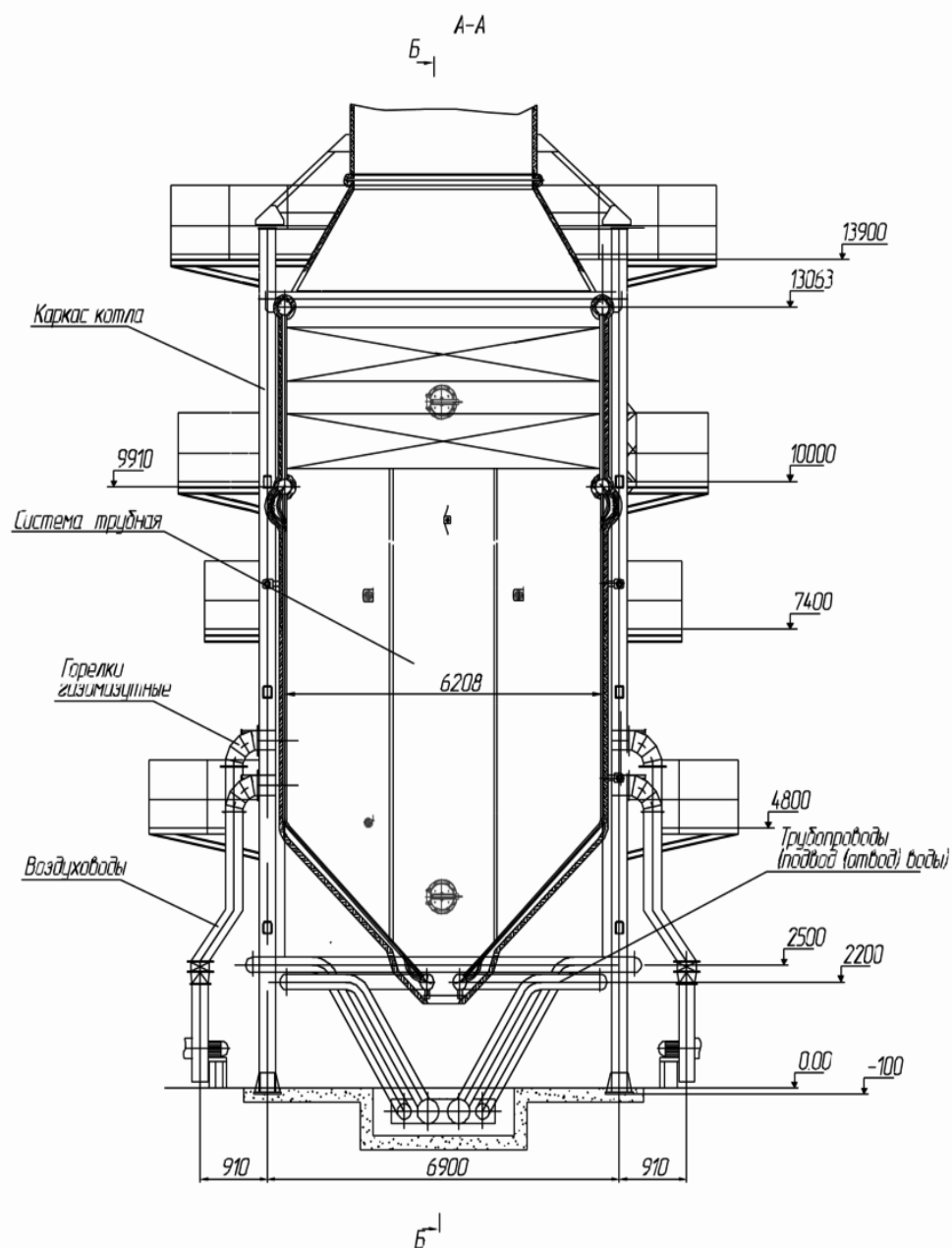


Рисунок 1.1 - Загальний вигляд котла ПТВМ-100

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ТП - 381мп 15 003 ПЗ

Арк.

15

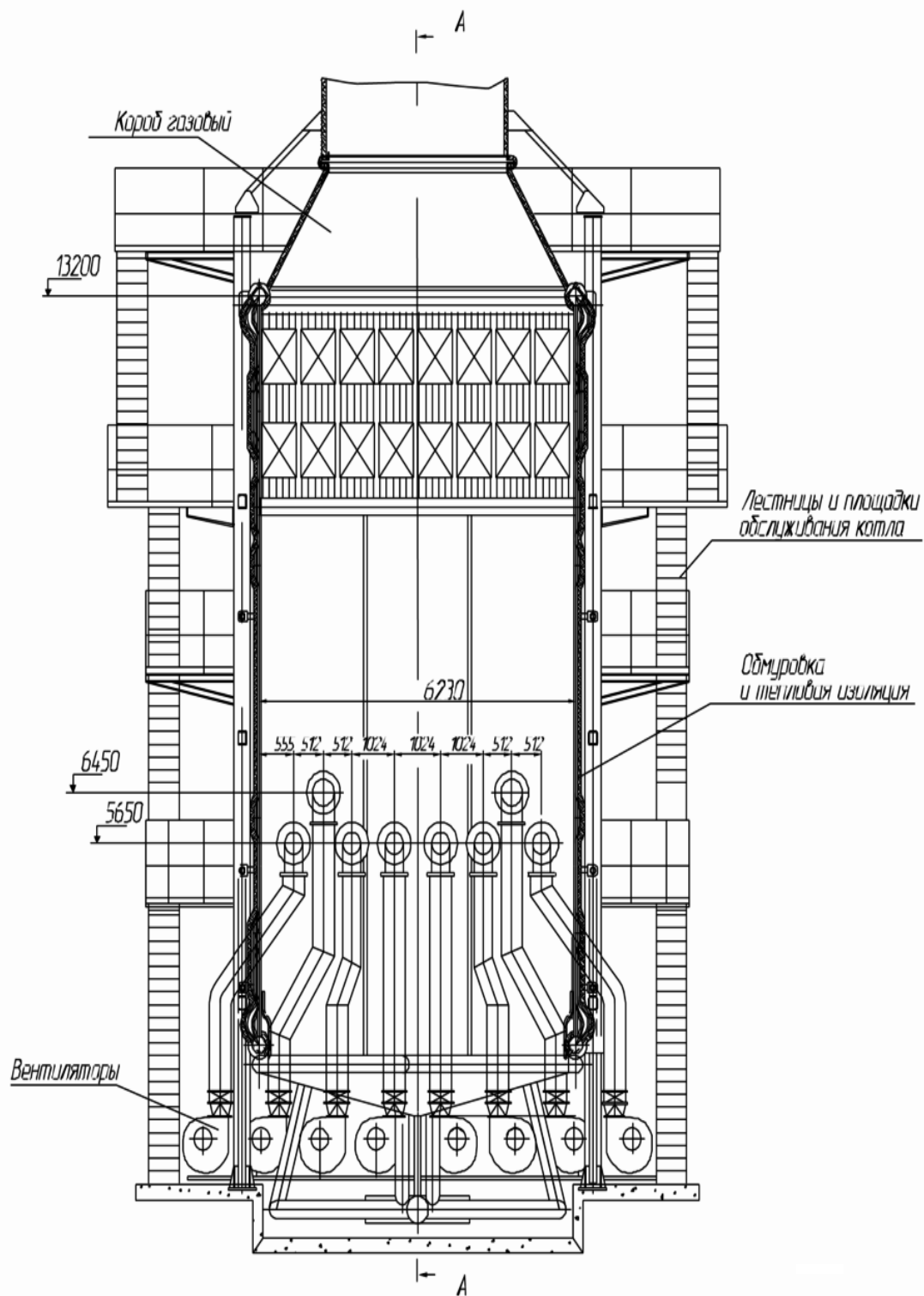


Рисунок 1.2 - Загальний фронтальний вигляд котла ПТВМ-100

Шляхом установки заглушек на коллекторах і трубопроводах, які з'єднують котел з прямою і зворотною магістралями, на ПТВМ-100 передбачене переключення з двохходової схеми циркуляції на чотирьохходову схему.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ТП - 381мп 15 003 ПЗ

Арк.

16

Основні технічні характеристики котлів ПТВМ-100 при роботі у номінальному режимі наведено у таблиці 1.1.

Таблиця 1.1. - Основні технічні характеристики котлів ПТВМ-100 при роботі у номінальному режимі

Найменування величини	Позначення	Одиниця	Значення величини
Номінальна теплопродуктивність,	Q	МВт	116,3
Робочий тиск мережевої води,	$P_{\text{с}}^{\min}$	МПа	1,18
Максимально-допустимий тиск мережевої води, кгс/см ²	$P_{\text{с}}^{\max}$	МПа	1,7
Мінімально-допустимий тиск мережевої води,	$P_{\text{с}}^{\min}$	МПа	0,6
Температура мережевої води на вході в котел, °С	$t_{\text{с}}^{\text{вх}}$	°С	104
Температура мережевої води на виході з котла, °С	$t_{\text{с}}^{\text{вих}}$	°С	150
Номінальна витрата мережевої води, т/год	$G_{\text{св}}$	т/год	2140
Мінімально-допустима витрата мережевої води, т/год	$G_{\text{с}}^{\min}$	т/год	1750
Гідравлічний опір котла, кгс/см ²	ΔP	МПа	0,94
Температура газів, що відходять, при навантаженні 40 Гкал/год - при роботі на мазуті, °С - при роботі на природному газі, °С	$t_{\text{г}}^{\text{м}}$ $t_{\text{г}}^{\text{с}}$	°С °С	126 120
Температура газів, що відходять, при навантаженні 100 Гкал/год - при роботі на мазуті, °С - при роботі на природному газі, °С	$t_{\text{г}}^{\text{м}}$ $t_{\text{г}}^{\text{с}}$	°С °С	230 185
Коефіцієнт корисної дії при навантаженні 40 Гкал/год - при роботі на мазуті - при роботі на природному газі	$\eta_{\text{ко}}^{\text{м}}$ $\eta_{\text{ко}}^{\text{с}}$	% %	92,1 92,6
Коефіцієнт корисної дії при навантаженні 100 Гкал/год - при роботі на мазуті - при роботі на природному газі	$\eta_{\text{ко}}^{\text{м}}$ $\eta_{\text{ко}}^{\text{с}}$	% %	86,6 88,5

Основними недоліками котла ПТВМ-100 можна назвати:

- - відносно невелику камеру згоряння з високим коефіцієнтом об'ємної теплового навантаження;
- - високі адіабатні температури в камері згоряння, що зумовлюють підвищену концентрацію NOx у вихідних газах;

- - неповне згоряння палива при спалюванні мазуту;
- - високу температуру продуктів згоряння на виході з камери згоряння, що зумовлює перегрів труб першого конвективного пакету;
- - недостатнє регулювання співвідношення «повітря-паливо»;
- - низьку продуктивність і ККД;
- - низьку швидкість води на елементах високого тиску, що веде до їх перегрівання;
- - ненадійне конструктивне виконання блокування і захисту.

Всі ці недоліки загострюються на тлі загальних державних і світових проблем.

1.2 Особливості горіння газового факела у котлі ПТВМ - 100

Об'єктом теорії горіння газів є газовий факел. Фронт полум'я є тільки частиною факела. Це впливає з того, що стійкий фронт полум'я має місце тільки в разі, коли дотримуються наступні умови: наявність певного поля концентрацій палива і окислювача, наявність зони стабілізації факела і зони відводу продуктів згоряння.

Спочатку розглянемо газовий кінетичний факел, на який не впливають процеси дифузії окислювача в паливо і навпаки. Це дозволить при розгляді процесу горіння виключити фактори не значимі з точки зору хімічної і фізичної кінетики процесу. В останньому розділі буде зроблено порівняння оптимального з технологічної точки зору дифузійного факела, званого мікродифузійні, з кінетичним факелом[2].

Отже, кінетичний факел (далі факел) має фізичні області різної структури, розташовані тільки в певній послідовності і існуючі спільно.

Факел складається з трьох характерних зон:

- фронт полум'я;
- «холодний конус»;
- зона стабілізації або зона зворотних струмів.

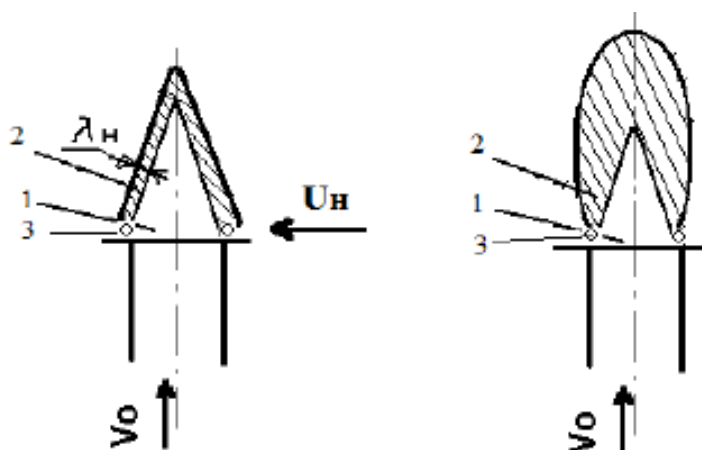
Зона стабілізації або зона зворотних струмів є частиною факела, в якій починається формування фронту полум'я в поле концентрацій горючої суміші за рахунок дифузії в неї продуктів згоряння [2].

Обсяг зони стабілізації одночасно є частиною перших двох, тому для спрощення подальших міркувань ми вважатимемо обсяг факела рівним сумі обсягів «холодного конуса і фронту полум'я.

До феноменологічних характеристик зони стабілізації ми повернемося після розгляду самої структури фронту полум'я.

					ТП - 381мп 15 003 ПЗ	Арк.
						18
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Факел може бути ламінарним і турбулентним. Моделі ламінарного і турбулентного факелів представлені на рис. 1.3.



1 – «холодний конус», 2 – фронт полум'я, 3 - зона зворотних потоків.

Рисунок .1.3 - Феноменологічні моделі ламінарного (а) та турбулентного (б) факела.

Кінетичний факел формується під впливом наступних чинників.

Форма гирла пальника визначає форму зони стабілізації, в якій починається стійке формування фронту полум'я. Фронт полум'я рухається ортогонально вектору швидкості горючої суміші в напрямку від зони стабілізації зі швидкістю розповсюдження фронту полум'я U . Фронт полум'я має ширину λ .

Фронт полум'я, що поширюється в нерухомій горючій суміші, називають нормальним. Його можна характеризувати нормальною швидкістю поширення, U_n і шириною нормального фронту полум'я λ_n . Величина λ_n є розмір плоскої хвилі реакції (по нормалі до неї), у межах якої починаються і закінчуються всі фізичні і хімічні перетворення вихідної горючої суміші. [2]

Питома об'ємна інтенсивність процесу горіння в області хвилі реакції виражається величиною, с^{-1} :

$$\omega_n = \frac{U_n}{\lambda_n} \quad (1.1)$$

де U_n - нормальною швидкістю поширення. м/с;

λ_n - розмір плоскої хвилі реакції, м.

Факел характеризується обсягом, V_ϕ , і об'ємною інтенсивністю горіння, ω_ϕ , тобто кількістю речовини (об'ємом горючої суміші), яке згорає в обсязі факела за одиницю часу, с^{-1} :

$$\omega_n = \frac{W}{V_\phi} = \frac{Sv_0}{V_\phi} \quad (1.2)$$

де V_ϕ – обсяг факелу, м³/с:

v_0 - швидкість потоку полум'я, м/с.

При ламінарному плинні швидкість потоку, v_0 , і геометрія пальника не впливають на величину швидкості поширення фронту полум'я, що кількісно пояснює форму ламінарного фронту. Спеціальні дослідження показують, що ширина фронту на основній частині довжини ламінарного полум'я залишається постійною. В межах точності вимірювань вона не залежить від швидкості ламінарної течії, розмірів і форми елементів пальника. [2].

Таким чином, має місце наступне:

$$\begin{aligned} U_n &= U_\lambda = const, \\ \lambda_n &= \lambda_\lambda = const \end{aligned}$$

Розглянемо феноменологічну модель ламінарного факела. Нехай швидкість v_0 постійна по перетину струменя.

Тоді для обсягу факела круглої пальники, що включає обсяги «холодного конуса» і фронту полум'я, можна записати:

$$V_\phi^\lambda = V_{\lambda\lambda}^\lambda + V_{\phi\phi}^\lambda \quad (1.3)$$

Де для круглого пальника з діаметром d_0 :

$$V_{\lambda\lambda}^\lambda = \frac{fL_{\lambda\lambda}}{3} \quad (1.4)$$

Для пальника довільної форми залежність буде мати вигляд:

$$\omega_\phi^\lambda = \frac{\Pi U_n}{l + \Pi \lambda_n} \quad (1.5)$$

де, l - характеристичний розмір гирла пальника:

Π - залежить від форми пальника (для круглого пальника $\Pi = 6$, а для щелинній $\Pi = 4$) :

U_n - швидкість розповсюдження фронту полум'я, м/с.

Вид знаменника показує, що інтенсивність факела ніколи не може перевищувати інтенсивності горіння у фронті полум'я, що впливає з феноменології процесу [2].

Відмінність турбулентного факела від ламінарного полягає в тому, що через наявність в аеродинамічній структурі потоку турбулентних вихорів і пульсацій фронт полум'я перестає мати чіткі межі, а турбулентний, різний по векторах, перенесення в ньому позбавляє сенсу поняття «швидкість поширення турбулентного фронту полум'я»

Прямі дослідження об'ємних характеристик турбулентного факела показали, що його об'ємна інтенсивність, ω_{ϕ} не залежить від швидкості турбулентного потоку і характеристик турбулентності:

$$\omega_{\phi}^T = \omega_{\phi}^n = \omega_{\phi} = const \quad (1.6)$$

Ця властивість виключає необхідність в будь-яких уможлядних моделях турбулентного горіння на феноменологічному рівні.

На основі вищевикладеного можна записати залежність для розрахунку інтенсивності турбулентного факела у вигляді [2] :

$$\omega_{\phi}^T = \frac{PU_n}{l + Pl_n} \quad (1.7)$$

1.3 Умови утворення шкідливих речовин

Вивчення процесів змішання, реакції активних речовин, а також супроводжуваних хімічних реакцій, є основою для управління, пізнання процесів горіння і утворення токсичних речовин, зокрема оксидів азоту. Однак існує ряд проблем, до яких належить недостатня вивченість цих процесів, оскільки вони мають швидкоплинність і складність. Відомо, що реакція згоряння вуглеводневих палив відноситься до типу ланцюгових реакцій з розгалуженими ланцюгами. На характер протікання процесу впливають різні фактори, такі як: тиск, температура, швидкість, ступень змішування палива з повітрям і інші.

Реакція окислення (горіння) може призвести до утворення перекисів, тобто до стійких активних проміжних продуктів окислення, які піддаються розпаду, утворюючи формальдегід.

Активні проміжні продукти окислення періодично розпадаються, виділяючи вільні радикали, що дають початок нової гілки ланцюгів. Даний процес набуває лавиноподібного характеру. В цьому процесі утворюються активні радикали, що викликають розпад перекису і CO [3].

Тоді, можна сказати, що за зазначеної схеми послідовність реакції окислення вуглеводнів можна представити таким чином: спочатку утворюється деяка кількість активних радикалів, що вступають в реакцію з киснем, потім з'являються активні перекису, які утворюються в молекули перекису водню. Після утворення активного радикала перекису реакція окислення може розвиватися у відповідності зі схемою відтворення перекису або радикалів. Характер розвитку залежить від моменту появи радикала [4].

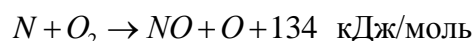
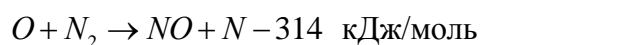
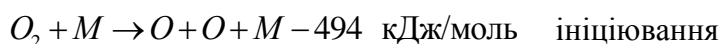
У процесі горіння з високою температурою, азот, який знаходиться в повітрі стає реакційно здатним і утворює такі оксиди як NO, NO₂, N₂O та інші. У продуктах згоряння в

					ТП - 381мп 15 003 ПЗ	Арк.
						21
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

основному мають місце NO, NO₂ які часто об'єднуються в NO_x. Створення оксидів азоту можливо в декількох випадках, перший випадок - це азот, що утворився з молекулярного азоту повітря, другий - через проміжні радикали при високій швидкості («швидким»), третій випадок - азот знаходиться в складі палива, так званий паливний азот. Таким чином ми маємо три види утворень азоту - термічний, швидкий і паливний [5].

1.3.1 Термічні оксиди азоту NO_x

Кінетика утворення термічного азоту описується наступними рівняннями:

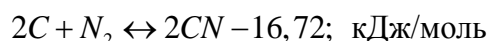
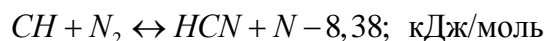


Головним фактором, що визначає утворення термічного азоту, є температура в зоні горіння. З підвищенням температури полум'я - утворення NO_x експоненціально зростає. Тому для зменшення виходу оксидів азоту в першу чергу необхідно знизити температуру в зоні горіння і перш за все виключити локальний закид температури.

Атомарний кисень утворюється в факелі не тільки за рахунок дисоціації O₂, але й в інших реакціях, враховуючи факт того, що концентрації кисню в зоні горіння в кілька разів більше, ніж розрахункова [5].

1.3.2 «Швидкі» оксиди азоту.

Вважається, що швидке утворення оксидів азоту відбувається у фронті полум'я, при хімічних реакціях, за участю вуглеводних радикалів і азоту з атмосферного повітря, виникають азотовмісні радикали, які потім окислюються до NO_x. кДж/моль



Цей механізм значно обмежує мінімальну можливість зниження NO в процесах спалювання палив.

1.3.3 Паливний азот

Паливний азот - це оксиди азоту в основній своїй частині утворюються при згорянні твердих і рідких палив, до складу яких входять різні сполуки азоту (CNH, CN, NH₃, NH₂, NH) або при наявності в газоподібним паливі аміаку. Швидкість утворення такого роду азоту у меншій мірі залежить від температури.

1.3.4 Діоксид азоту

Оксид азоту, який є продуктом початкового окислення азоту, окислюється до діоксиду, при досягненні необхідної для протікання даної екзотермічної реакції, низької

					ТП - 381мп 15 003 ПЗ	Арк.
						22
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

температури. У зв'язку з цим, процес переходу NO в NO₂ реалізується як правило в вихлопному тракті ГТУ, а також в низькотемпературних зонах КС, наприклад, поблизу охолоджуваних стінок полум'яної труби.

Вважається, що з двох найімовірніших окислювачів NO в NO₂, якими є атомарний кисень і радикал HO₂, значення має тільки HO₂. Це пов'язане з тим, що процес окислення NO в NO₂ у полум'ї молекулярним киснем має високу енергію активації реакцій і великий час реагування, тому даний процес не може дати істотних кількостей NO₂. Радикал утворюється в значних кількостях в факелах вуглеводневих палив в зоні загибелі атомарного водню і поблизу не, в області мінімальних температур. В зоні горіння, при змісті NO в продуктах згоряння 100-120 мг / м³, можна вважати, що при наявності HO₂, NO практично миттєво переходить в NO₂ і тільки недостатня кількість HO₂ перешкоджає повному окисленню NO в NO₂ [6].

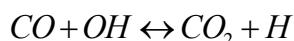
1.3.5 Оксиди вуглецю

Оксид вуглецю – це одна з дуже токсичних речовин, що потрапляють в атмосферне повітря, яка є продуктом неповного згоряння палива.

CO утворюється у великої кількості за рахунок неповного згоряння палива, це може бути викликано низькою швидкістю горіння в первинній зоні, в наслідок нестачі палива або браку часу перебування. Не якісне перемішування палива та повітря утворюють зони, де відбувається недожиг палива, що призводить до високих концентрацій оксида вуглецю.

З причин повільного окислення CO, саме його швидкість окислення є визначальним фактором вибіра мінімального часу перебування і температури повітря, необхідних для того, щоб горіння закінчилось

Основним рівнянням утворення є:



Для зниження концентрацій CO може бути достатньо збільшити повноту згоряння палива та забезпечити дожигання газів [6].

1.4 Умови експлуатації котла

Котел ПТВМ-100 є складним пристроєм. В процесі експлуатації котла необхідно стежити за:

- режимом горіння, роботою пальників і форсунок, у разі підвищення температури відхідних газів налаштувати режим згоряння палива, а при необхідності провести обмивку конвективних поверхонь нагріву котла;
- відсутністю свищів в трубах поверхонь нагріву, колекторах;

					ТП - 381мп 15 003 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		23

- перепускних трубах і мережових трубопроводах, періодично прослуховуючи і оглядаючи їх;
- працездатністю систем контролю, дистанційного керування і авторегулювання, захистів, блокувань і сигналізації;
- щільністю газоповітряного тракту;
- станом обмурівки та ізоляції;
- роботою допоміжного обладнання;
- тиском газу в газопроводі цеху і в газопроводі котла, підтримуючи тиск газу за регулюючим клапаном відповідно до режимної карти на рівні $0,17 \div 0,25 \text{ кг/см}^2$;
- тиском мазуту, температурою мазуту на котлі;
- щільністю поверхонь нагріву котла, підвідних і відвідних трубопроводів мережної води, станом арматури водяного тракту і ізоляцією трубопроводів мережної води;
- за витратою і тиском мережної води за котлом;
- роботою механізмів котла, відсутністю вібрації та нагрівання підшипників механізмів, контролювати рівень масла в картері димососа;
- справністю робочого і аварійного освітлення, систем зв'язку.

Експлуатація котла ПТВМ-100 допускається тільки з ввімкненими технологічними захистами, блокуваннями і сигналізацією.

Режим роботи котла необхідно вести відповідно до режимної карти за показаннями контрольно-вимірювальних приладів.

Постійно здійснюється контроль за процесом горіння і якістю згорання палива. Факел повинен рівномірно заповнювати топку і не потрапляти на конвективну частину, при цьому кінець факела повинен бути прозорим і без димних язиків. При появі чорного диму перевіряється роботу вентиляторів і положення повітряних шиберів, тиск газу або мазуту.

Категорично забороняється спільне спалювання газу і мазуту.

Необхідно стежити, щоб горіння газу не відбувалося в амбразах пальників і не допускати нагрівання повітряних коробів.

Стежать за нормальним розпилом мазуту з форсунок. Не допускають попадання мазуту на під і холодну воронку котла. У разі необхідності проводять заміну працюючих форсунок на резервні.

Для нормального розпилення мазуту механічними форсунками, в'язкість його повинна бути не вище $2,5 \div 3,0$ умовних одиниць. Ця в'язкість для мазуту марки М-40 досягається підтриманням температури в межах $100 \div 120^\circ\text{C}$.

Крім того, розпил мазуту механічними форсунками погіршується при тиску нижче $8 \div 10 \text{ кг/см}^2$.

					ТП - 381мп 15 003 ПЗ	Арк.
						24
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Стежать, щоб газ і мазут не просочувались через непрацюючі пальника. На непрацюючих пальниках газова і мазутна запірна арматура повинна бути закрита, свічки безпеки – відчинена.

Теплопродуктивність котла ПТВМ (підтримка заданої температури за котлом) регулювати зміною числа працюючих пальників, домагаючись рівної кількості пальників з парною і непарною сторін котла.

Для регулювання роботи котла використовуються наступні системи:

- 1) Система управління горінням палива.
 - а) система стабілізації витрати повітря;
 - б) система стабілізації витрати палива.
- 2) Система регулювання температури води за котлом.
- 3) Система регулювання температури мережної води.

Процеси, що відбуваються в водогрійному котлі досить складні і вимагають використання технологічного обладнання, експлуатація, якого вимагає суворого виконання правил і посадових інструкцій.

					ТП - з81мп 15 003 ПЗ	Арк.
						25
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1.5 Розрахунок процесу горіння, теплової баланс

Вихідні величини:

Паливо – природний газ та мазут

Характеристики палива:

Газ

Нижча теплота згоряння – 8000 ккал/м³

N_p+O_p – 1.3%

CO₂ – 0.1%

CH₄ – 98.7%

C₂H₆ – 0.6%

C₃H₈ – 0.26%

Густина палива, $g = 0.73 \text{ кг/м}^3$

Мазут

A_p – 0.3%

S_p – 2.9%

C_p – 83.4%

H_p – 10.0%

Температура палива – 100⁰С.

Таблица 1.2 - Вихідні величини

Найменування величин	Позначення	Одиниця	Величина			
			Піковий режим		Основний режим	
			Газ	Мазут	Газ	Мазут
Теплопродуктивність	Q	МВт	116,3	46,5	100	69,8
Тиск води (розрахункове)	P	МПа	1,52		1,52	
Температура води на вході	t'	⁰ С	104	104	60	50
Температура води на виході	t''	⁰ С	150	122,5	108,3	98,6
Витрата води	D	т/год	2140		1235	
Температура зовнішнього повітря	$t_{\text{хл}}$	⁰ С	-30	-13	-30	-7

Найменування величин	Позначення	Одиниця	Формула	$V'_{\alpha_i} = 1,58 \frac{\text{мл}}{\text{кг}}; V' = 10,15 \frac{\text{мл}}{\text{кг}};$ $V'_{\epsilon_i} = 1,32 \frac{\text{мл}}{\text{кг}}; V'_{\epsilon_i} = 8,02 \frac{\text{мл}}{\text{кг}}$	V °C	$\frac{J_2^0}{K_{\text{кал}}}$ к2	$\frac{J_{\epsilon}^0}{K_{\text{кал}}}$ к2	$(cv)_{\text{м}}$ $\frac{K_{\text{кал}}}{\text{мм}^3}$	$\frac{J_{\text{пл}}}{K_{\text{кал}}}$ к2	$J = J_2^0 + (\alpha - 1) \cdot J_{\epsilon}^0$	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1.Надлишок повітря в газу	d			1,15	100	360	321	19,3	408	408	
2				1,52	200	728	646	40,4	825	825	417
3.Об'єм водяної пари	V_{H_2O}	$\frac{\text{мм}^3}{\text{кг}}$	$(d-1) \cdot V^0 \quad (1.8)$	1,52	300	1107	976	63,0	1253	1253	440
					400	1496	1313	86,0	1693	1693	450
					500	1895	1658	109,5	2143	2143	465
					600	2306	2011	133,8	2608	2608	
4.Повний газовий об'єм	V_{Γ}	$\frac{\text{мм}^3}{\text{кг}}$	$V_{RO_2} + V^0 N_2 + V_{H_2O} + (\alpha - 1) \cdot V^0 \quad (1.10)$	12,46	700			158,2			
					800			183,2			
					900	3592	3107	209	4058	4058	502
5.Об'ємна доля RO_2	ζ_{RO_2}	$\frac{\text{мм}^3}{\text{кг}}$	$\frac{V_{RO_2}}{V_{\Gamma}} \quad (1.11)$	0,127	1000	4038	3483	235	4560	4560	508
					1100	4489	3865	262	5068	5068	515
6.Об'ємна доля H_2O	ζ_{H_2O}	$\frac{\text{мм}^3}{\text{кг}}$	$\frac{V_{H_2O}}{V_{\Gamma}} \quad (1.12)$	0,108	1200	4946	4249	288	5583	5583	520
					1300	5407	4639	325	6103	6103	

<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>

ТП - 381МП 15 003 ПЗ

Арк.

28

Продовження таблиці 1.3

[illegible]

1.5.1 Розрахунок продуктів згоряння природного газу

1 Теоретично необхідний об'єм повітря розраховуємо по формулі, $\text{нм}^3/\text{нм}^3$:

$$V^0 = 0,0476 \left[\sum \left(m + \frac{n}{4} \right) C_m \cdot H_r \right] \quad (1.14)$$

$$V^0 = 0,0476 \left[\left(1 + \frac{4}{4} \right) \cdot 98,7 + \left(2 + \frac{6}{4} \right) \cdot 0,6 + \left(3 + \frac{8}{4} \right) \cdot 0,26 + \left(4 + \frac{10}{4} \right) \cdot 0,14 \right] = 9,61 \text{ нм}^3/\text{нм}^3$$

2 Теоретичний об'єм азоту розраховуємо по формулі, $\text{нм}^3/\text{нм}^3$:

$$V_{N_2}^0 = 0,79 \cdot V^0 + 0,8 \cdot \frac{N_2}{100} = 7,59 \text{ нм}^3/\text{нм}^3 \quad (1.15)$$

3 Об'єм трьохатомних газів розраховуємо по формулі, $\text{нм}^3/\text{нм}^3$:

$$V_{RO_2} = 0,01 \cdot \left[CO_2 + \sum m C_m H_n \right] \quad (1.16)$$

$$V_{RO_2} = 0,01 \cdot \left[0,1 + 1 \cdot 98,7 + 2 \cdot 0,6 + 3 \cdot 0,26 + 4 \cdot 0,14 \right] = 1,01 \text{ нм}^3/\text{нм}^3$$

4 Теоретичний об'єм водяної пари розраховуємо по формулі, $\text{нм}^3/\text{нм}^3$:

$$V_{H_2O}^0 = 0,01 \cdot \left[\sum \frac{\eta}{2} \cdot C_m H_n + 0,124 \cdot V_2 \right] + 0,0161 \cdot V^0 \quad (1.17)$$

$$V_{H_2O}^0 = 0,01 \cdot \left[\frac{4}{2} \cdot 98,7 + \frac{6}{2} \cdot 0,6 + \frac{8}{2} \cdot 0,26 + \frac{10}{2} \cdot 0,14 + 0,124 \cdot 10,1 \right] + 0,0161 \cdot 9,61 = 2,18 \text{ нм}^3/\text{нм}^3$$

					ТП - 381мп 15 003 ПЗ	Арк.
						29
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 1.4 – Ентальпія повітря і продуктів згоряння при $\alpha=1$

$t^{\circ}C$	$(CV)_{CO_2}$	$V_{RO_2} (CV)_{CO_2}$	$(CV)_{N_2}$	$V_{N_2} (CV)_{N_2}$	$(CV)_{H_2O}$	$V_{H_2O} (CV)_{H_2O}$	$\mathcal{J}_z^0 = \sum V(CV)$	$(CV)_{\text{вз}}$	$\mathcal{J}_\text{вз}^0 = V^0(CV)_{\text{вз}}$
100	40,6	41,0	31,0	235	36,0	78,6	354,5	31,6	304,0
200	85,4	86,0	62,1	471	72,7	158,0	715,0	63,6	611,0
300	133,5	135	93,6	710	110,5	241,0	1086,0	96,2	924,0
400	184,4	186	125,8	955	149,6	326,0	1467,0	129,4	1244,0
500	238	240	158,6	1204	189,8	414,0	1858,0	163,4	1970,0
600	292	295	192,0	1457	231	504,0	2256,0	198,2	1905,0
700	349	353	226	1715	274	597,0	2665,0	234,0	2249,0
800	407	411	261	1981	349	695,0	3087,0	270,0	2595,0
900	466	471	297	2254	364	794,0	3619,0	306,0	2941,0
1000	526	531	333	2527	412	898,0	3956,0	343,0	3296,0
1100	587	593	369	2801	460	1003,0	4397,0	381,0	3661,0
1200	649	656	405	3074	509	1110,0	4840,0	419,0	4097,0
1300	711	718	442	3355	560	1221,0	5294,0	457,0	4392,0
1400	774	782	480	3643	611	1332,0	5757,0	496,0	4766,0
1500	837	845	517	3924	664	1448,0	6217,0	535,0	5141,0
1600	900	909	555	4212	717	1563,0	6684,0	574,0	5516,0
1700	964	974	593	4501	771	1681,0	7156,0	613,0	5891,0
1800	1028	1038	631	4789	826	1801,0	7628,0	652,0	6266,0
1900	1092	1103	670	5085	881	1921,0	8109,0	692,0	6650,0
2000	1157	1169	708	5374	938	2045,0	8588,0	732,0	7034,0
2100	1222	1234	747	5670	994	2167,0	9071,0	772,0	7419,0
2200	1287	1300	786	5966	1051	2291,0	9557,0	812,0	7803,0

Продовження таблиці 1.5

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
					1400	5757	4766	6472	519
					1500	6217	5141	6988	523
					1600	6684	5516	7511	529
					1700	7156	5891	8040	528
					1800	7628	6266	8568	539
					1900	8109	6650	9107	536
					2000	8588	7034	9643	541
					2100	9071	7419	10184	
					2200	9557	7803		

1.5.2 Тепловий баланс котла

Конструктивні характеристики камери згоряння

Ширина топки В=6,23м

Площа бічній стіни розраховуємо по формулі, м²:

$$H_{cm}^6 = 5,2 \cdot 6,23 + \frac{6,23 + 3,43}{2} \cdot 1,4 = 32,4 + 6,8 = 39,2 \text{ м}^2 \quad (1.24)$$

Об'єм топки розраховуємо по формулі, м³:

$$V_T = 39,2 \cdot 6,23 = 245 \text{ м}^3 \quad (1.25)$$

Таблиця 1.6 - Конструктивні характеристики камери згоряння

Найменування поверхні	H_{CT} м ²	H_{cm}^{exp} м ²	α мм	S мм	$\frac{S}{d}$	X	ζ_{Γ}	ζ_M	ζPH_n м ²	ζPH_n м ²
							ма зут	газ		
						РНБ-2				
Фронтowa стіна	32,4	31,6	60	64	1,07	0,99	0,9	1	28,2	31,3
Бічні стіни	78,4	78,4	---	---	---	0,99	0,9	1	69,7	77,6
Задня стінка	32,4	31,6	---	---	---	0,99	0,9	1	28,2	31,3
Газове вікно	38,9	38,9				1	0,9	1	35,0	38,9
Холодна воронка	46,1	46,1				1	0,1	0,1	4,6	4,6
Всього	228,2								165,7	184,4

Ступінь екранування розраховуємо по формулі:

$$\zeta \cdot \Psi = \zeta \frac{H_n}{H_{cm}} = \frac{0,725}{0,804} = 0,9 \quad (1.26)$$

Ефективна товщина шару газів розраховуємо по формулі, м:

$$S = \frac{3,6 \cdot V_{\Gamma}}{H_{cm}} = 3,87 \text{ м} \quad (1.27)$$

					ТП - з81мп 15 003 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		33

Табл. 1.7 - Конструктивні характеристики конвективної частини

Найменування	Позначення	Одиниця	Нижній пакет			Верхній пакет		
			Змійовики	Стояки	Екран	Змійовики	Стояки	Екран
Діаметр труб	$d \cdot S$	мм	28×3	83×3,5	60×3	28×3	83×3,5	60×3
Розташування труб			шах.			шах.		
Крок поперечний	S_1	мм	64	128	64	64	128	64
Крок поздовжній	S_2	мм	33			33		
Кількість рядів	Z_1		24			32		
Кількість труб в ряді	Z_2		96	48	96	96	48	96
Кількість паралельно включених труб	N		2×576			2×576		
Обігривається довжина одного змійовика (труби)	L	м	6,25	0,75	0,75	7,15	1,9	1,9
Поверхня нагріву	H	м ²	1266	9,3	12,4	1694	23	31
Ширина газоходу	B	м	6,17	6,17		6,17	6,17	
Глибина газоходу	L	м	6,15	0,75		6,15	0,75	
Проекція труб в газоході	l	м	6,15			6,15		
Довжина труб поздовжньо омиваючих	l_{np}	м						
Живе перетин для проходу газів (поперечне омивання)	$F_{пол}$	м ²	21,4			21,4		
Живе перетин для проходу газів (поздовжнє омивання)	F_{np}	м ²						
Живе перетин для проходу пара, води, повітря	f	м ²	2×0,22			2×0,29 2		
Ефективна товщина випромінюючого шару	S	м	0,067			0,067		
Еквівалентний діаметр	d_e	м						
Число ходів середовища яке обігривається	m		2			2		

Таблиця 1.8 - Тепловий баланс

Найменування	Позначення	Одиниця	Розрахункова ф-ла або підстава	Результати розрахунку											
				Піковий режим						Основний режим					
				Мазут			Газ			Мазут			Газ		
				100%	40%	100%	100%	40%	100%	100%	60%	100%	60%	100%	60%
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1.Нижча теплота згоряння робочої маси	Q_H^r	$\frac{\text{Ккал}}{\text{кг}(\text{нм}^3)}$		9170			8000			9170			8000		
2.Температура холодного повітря	t_{xs}	$^{\circ}\text{C}$		-30	-13	-30	-13	-30	-13	-30	-7	-30	-7	-30	-7
3.Теоретичний тепловміст холодного повітря	J_{xs}^0	$\frac{\text{Ккал}}{\text{кг}(\text{нм}^3)}$		-96	-42	-91	-40	-96	-42	-96	-22	-91	-42	-96	-21
4.Фізичне тепло палива	i_n	$\frac{\text{Ккал}}{\text{кг}(\text{нм}^3)}$	$C_n = 0,475$ $t_n = 100^{\circ}\text{C}$	47,5	47,5			47,5	47,5	47,5	47,5				
5.Располагаемо тепло	Q_{pp}^p	$\frac{\text{Ккал}}{\text{кг}(\text{нм}^3)}$	$Q_{pp}^p + i_{пл} (1.28)$	9217	9217	8000	8000	9217	9217	9217	9217	8000	8000	9217	8000
6.Втрата тепла від хімічного недопала	q_3	%	скоригована за дослідними даними	1,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	1,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
7.Втрати тепла в навколишнє середовище	q_5	%	*дивись примітки	0,4	0,8	0,4	0,8	0,4	0,5	0,4	0,5	0,4	0,5	0,4	0,5
8.Температура відхідних газів	V_{ex}	$^{\circ}\text{C}$	попередньо прийнята	230	126	185	120	225	120	225	120	182	115	225	115
9.Тепловміст відхідних газів	J_{ex}	$\frac{\text{Ккал}}{\text{кг}(\text{нм}^3)}$		953	516	746	481	932	491	932	491	734	461	932	461
10.Втрата тепла з відхідними газами	q_2	%	$\frac{J_{ex} - \alpha_{ex} \cdot J_{ex}^0}{Q_{pp}^p} (1.18)$	11,5	6,1	10,6	6,6	11,3	5,6	11,3	5,6	10,5	6	11,3	6
11.Сума втрат тепла	$\sum q$	%	$q_2 + q_3 + q_5 (1.19)$	13,4	7,4	11,5	7,9	13,2	6,6	13,2	6,6	11,4	7	13,2	7
Коефіцієнт корисної дії котла	$\eta_{ко}$	%	$100 - \sum q (1.20)$	86,6	92,6	88,5	92,1	86,8	93,4	86,8	93,4	88,6	93	86,8	93

Продовження таблиці 1.8

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
12.Корисне тепло	$Q_{\text{п}}$	$MВт$		116,3	46,5	116,3	46,5	116,3	69,8	116,3	69,8
13.Випрата палива	B	$\frac{кг(нм^3)}{год}$	$\frac{Q_1}{Q_p - \eta_{\text{ко}}} \quad (1.21)$	12500	4690	14100	5420	12480	6960	14050	8060
14.Коефіцієнт збереження тепла	$\varphi_{\text{ж}}$	$^{\circ}C$	$1 - \frac{95}{100} \quad (1.22)$	0,996	0,992	0,996	0,992	0,996	0,995	0,996	0,995

Примітки:
* - величина визначалась за формулою:

$$\alpha \cdot (t_{\text{сб}} \cdot t_{\text{хп}}) \frac{1}{Q_1} \quad (1.23)$$

де $Q_{\text{отр}}$ - поверхня зовнішніх огорожень котла;

$t_{\text{сб}}$ - температура обмурівки, $t_{\text{сб}} = 55^{\circ}C$;

α - коефіцієнт тепловіддачі від стінки і повітря, $\alpha = 12 \frac{\text{Ккал}}{\text{м}^2 \cdot ^{\circ}C}$.

Таблиця 1.9 - Розрахунок топки

Найменування	Позначення	Розмірність	Розрахункова формула або підстава	Результати розрахунку											
				Піковий режим						Основний режим					
				Мазут		Газ		Мазут		Газ		Мазут		Газ	
				100%	40%	100%	40%	100%	40%	100%	40%	100%	40%	100%	40%
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12				
1.Об'єм топки	V	m^3		245		245		245		245		245		245	
2.Променесприймаюча поверхня топки	H_T	m^2	дивись конструктивні характеристики	165,7		184,4		165,7		184,4		165,7		184,4	
3.У тому рахунок газового вікна	$H_{ак}$	m^2	дивись конструктивні характеристики	35		38,9		35		38,9		35		38,9	
4.Умовна ступінь екранування	ψ_{ξ}	m^2	дивись конструктивні характеристики	0,725		0,804		0,725		0,804		0,725		0,804	
5.Ефективна товщина випромінюючого шару	S	m	дивись конструктивні характеристики	3,87		3,87		3,87		3,87		3,87		3,87	
6.Розрахункова витрата палива	B_p	$\frac{кг(нм^3)}{год}$		12500	4690	14100	5420	12480	6960	14050	8060				
7.Коефіцієнт надлишку повітря на виході з топки	$\alpha''_{тн}$	$\frac{кг(нм^3)}{год}$		1,15		1,15		1,15		1,15		1,15		1,15	
8.Об'ємна частка водяної пари	ζ_{H_2O}	$\frac{кг(нм^3)}{год}$				0,18				0,18				0,18	
9.Об'ємна частка трьохатомних газів	ζ_T	$\frac{кг(нм^3)}{год}$				0,262				0,262				0,262	
10.Температура холодного повітря	$t_{хп}$	$^{\circ}C$		-30	-13	-30	-13	-30	-7	-30	-7	-30	-7	-30	-7
11.Тепловміст теорет. необхід. холодного повітря	$J_{хп}^0$	$\frac{Ккал}{кг(нм^3)}$		-96	-42	-91	-40	-96	-22	-91	-21	-96	-22	-91	-21
12.Тепло внесенне в топку повітрям	Q_n	$\frac{Ккал}{кг(нм^3)}$	$\alpha_T \cdot J_{хп}^0 (1.24)$	-110	-48	-105	-45	-110	-25	-105	-24	-110	-25	-105	-24
13.Корисне тепло виділення в топці	$Q_{тн}$	$\frac{Ккал}{кг(нм^3)}$	$Q_p^0 \cdot \frac{100 - q_3}{100} + Q_s (1.25)$	8970	9123	7855	7914	8970	9146	7855	7936	8970	9146	7855	7936

Продовження таблиці 1.9

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
14. Теоретична температура згоряння	v_a	$^{\circ}\text{C}$	попередньо прийнята	1837	1865	1665	1676	1837	1870	1665	1680
15. Температура в кінці топки	v_m''	$^{\circ}\text{C}$				1300	1100			1300	1200
16.		мат	$\zeta_{\Gamma} \cdot S$ (1.26)			1,01				1,01	
17. Коеф. ослаблення променів трьохатомними газами	K_{Γ}	мат	монограма			0,42	0,5			0,42	0,5
18.		мат	$\zeta_{\Gamma} \cdot K_{\Gamma} \cdot S$ (1.27)			0,425	0,507			0,425	0,505
19. Ступінь чорноти середовища	a	мат	монограма	1	1	0,345	0,4	1	1	0,345	0,4
20. Коефіцієнт	β			0,75		1,0		0,75		1,0	1,0
21. Ефективна ступінь чорноти факела	a_{ϕ}	мат	$\beta \cdot a$ (1.28)	0,75		0,345	0,4	0,75		1,0	1,0
22. Ступінь чорноти топки	a_m	мат		0,66		0,32	0,37	0,66		0,32	0,365
23		$\frac{\text{Ккал}}{\text{м}^2 \cdot \text{год}}$	$\frac{\beta_p \cdot Q_m}{H_{\Gamma}}$ (1.29)	$678 \cdot 10^3$	$260 \cdot 10^3$	$600 \cdot 10^3$	$233 \cdot 10^3$	$678 \cdot 10^3$	$384 \cdot 10^3$	$595 \cdot 10^3$	$347 \cdot 10^3$
24. Температура в кінці топки	v_m''	$^{\circ}\text{C}$	монограма	1260	980	1320	1095	1260	1115	1320	1200
25. Тепловміст газів на виході з топки	\mathcal{J}_m^*	$\frac{\text{Ккал}}{\text{кг}(\text{нм}^3)}$		5895	4460	6057	4921	5895	5145	6057	5444
26. Тепло поглинене в топці	Q_{Γ}	$\frac{\text{Ккал}}{\text{кг}(\text{нм}^3)}$	$\varphi \cdot (Q_m \cdot \mathcal{J}_m^*)$ (1.30)	3065	4625	1780	2970	3065	3990	1780	2480
27. Теж	$B Q_{p, \lambda}$	$\frac{\text{Гкал}}{\text{год}}$	$B_p \cdot Q_{\lambda} \cdot 10^{-6}$ (1.31)	38,3	21,7	25,3	16,1	38,3	27,7	25,3	20,0
28. Середня теплова напруга екранів	q_{cp}	$\frac{\text{Ккал}}{\text{м}^2 \cdot \text{год}}$	$\frac{B_p \cdot Q_{\lambda}}{H_{\lambda}}$ (1.32)	$231 \cdot 10^3$	$131 \cdot 10^3$	$137 \cdot 10^3$	$87 \cdot 10^3$	$231 \cdot 10^3$	$167 \cdot 10^3$	$137 \cdot 10^3$	$108 \cdot 10^3$

Продовження таблиці 1.9

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
29. Видима теплова напру- га топки	$\frac{Q}{V}$	$\frac{\text{Ккал}}{\text{м}^3 \cdot \text{год}}$	$\frac{B \cdot Q^p}{V_T} \quad (1.33)$	$468 \cdot 10^3$	$175 \cdot 10^3$	$460 \cdot 10^3$	$177 \cdot 10^3$	$468 \cdot 10^3$	$250 \cdot 10^3$	$460 \cdot 10^3$	$262 \cdot 10^3$
30. Кількість тепла падаю- че на газове вікно	$B \cdot Q_{\Gamma}^0$	$\frac{\text{Гкал}}{\text{год}}$	$q_{cp} \cdot H_{ax} \quad (1.34)$	8,08	4,6	5,27	3,36	8,08	5,85	5,27	4,17
31. Промениста поверхня фронт. і зад. стінки	$H^{\phi, z}$	м^2	$H_{\phi} + H_z + H_{ze} \quad (1.35)$	61	61	67,2	67,2	61	61	67,2	67,2
32. Тежбоковий стінки	H^{ϕ}	м^2		69,7	69,7	77,5	77,5	69,7	69,7	7,76	7,76
33. Кількість тепла падаю- че на фронт. і зад. стінки	BQ^{ϕ}	$\frac{\text{Гкал}}{\text{год}}$	$H^{\phi, z} \cdot q_{cp} \quad (1.36)$	14,1	8,0	9,23	5,88	14,1	10,2	9,23	7,28
34. Тежбоковий стінки	BQ^{ϕ}	$\frac{\text{Гкал}}{\text{год}}$	$H^{\phi} \cdot q_{np} \quad (1.37)$	16,1	9,15	10,8	6,88	16,1	11,65	10,8	8,52
35. Приріст тепловміста води в фронтovому і зад- ньому екранах	Δi_{ϕ}	$\frac{\text{Ккал}}{\text{кг}}$	$\frac{B \cdot Q^{\phi}}{D} \quad (1.38)$	6,58	3,74	4,32	2,75	11,4	8,26	7,48	5,9
36. Тежбокових екранах	Δi_{ϕ}	$\frac{\text{Ккал}}{\text{кг}}$	$\frac{B \cdot Q^{\phi}}{D} \quad (1.39)$	7,51	4,28	5,05	3,22	13,0	9,45	8,75	6,9
37. Теж в конвективної частині за рахунок випро- мінювання	Δi_k	$\frac{\text{Ккал}}{\text{кг}}$	$\frac{B \cdot Q^{\phi}}{D} \quad (1.40)$	3,78	2,15	2,46	1,57	6,54	4,74	4,27	3,37

Таблиця 1.10 -Розрахунок конвективної частини (нижній пакет)

Найменування	Позначення	Розмірність	Розрахункова ф-ла або підстава	Результати розрахунку											
				Піковий режим						Основний режим					
				Мазут			Газ			Мазут			Газ		
				100%	40%	100%	40%	100%	40%	100%	40%	100%	40%	100%	60%
				5	6	7	8	9	10	11	12	28×3			28×3
1	2	3	4	28×3			28×3			28×3			28×3		
1. Діаметр труб	$d \cdot S$	мм		шахове											
2. Розташування труб															
3. Відносний поперечний крок	$S_1 \frac{1}{d}$	мм		2,29	2,29			2,29			2,29				
4. Відносний поздовжній крок	$S_2 \frac{1}{d}$	мм		1,18	1,18			1,18			1,18				
5. Розрахункова поверхня нагріву	H	м ²	$H - H_n^{ок} \quad (1.41)$	1253	1249			1253			1249				
6. Живий перетин для ходу газів	F	м ²		21,4	21,4			21,4			21,4				
7. Живий перетин для ходу води	f	м ²		0,44	0,44			0,22			0,22				
8. Число рядів по ходу газів	Z_z			24	24			24			24				
9. Ефективна товщина випромінюючого шару	S	м		0,067	0,067			0,067			0,067				
10. Витрата палива розрахункова	B_p	$\frac{\text{кг}(\text{нм}^3)}{\text{год}}$		12500	4690	14100	5420	12480	6960	14050	8060				
11. Коефіцієнт надлишку повітря в газах на вході	α'			1,15			1,15			1,15					
12. Коефіцієнт надлишку повітря в газах на виході	α''			1,15			1,15			1,15					
13. Середній об'єм газів	V_r	$\frac{\text{нм}^3}{\text{кг}(\text{нм}^3)}$		12,46			12,24			12,46			12,24		

Продовження таблиці 1.10

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
14.Об'ємна частка трьохатомних газів	ζ_m			0,235		0,262		0,235		0,262	
15.Об'ємна частка водяної пари	ζ_{H_2O}			0,108		0,18		0,108		0,18	
16.Температура газа перед економайзером	ν'	$^{\circ}C$		1260	980	1320	1095	1260	1115	1320	1200
17.Тепловміст газа перед економайзером	\mathcal{J}'	$\frac{\text{Ккал}}{\text{кг}(\text{нм}^3)}$		5895	4460	6057	4921	5895	5145	6057	5444
18.Температура газа за економайзером	ν''	$^{\circ}C$		540	250	450	220	525	310	435	270
19.Тепловміст газа за економайзером	\mathcal{J}''	$\frac{\text{Ккал}}{\text{кг}(\text{нм}^3)}$		2325	1039	1874	891	2257	1297	1808	1100
20.Теплосприймання економайзера (по балансу)	Q_6	$\frac{\text{Ккал}}{\text{кг}(\text{нм}^3)}$	$(\mathcal{J}' - \mathcal{J}'') \cdot \rho \quad (1.42)$	3560	3395	4175	4000	3610	3830	4230	4320
21.Теж	$B_p Q_6$	$\frac{\text{Гкал}}{\text{год}}$		44,5	16,0	58,8	21,7	45,5	26,7	59,5	34,8
22.Приріст тепловміста води	Δi	$\frac{\text{Ккал}}{\text{год}}$	$\frac{B_p \cdot Q_6}{D} \quad (1.43)$	20,8	7,45	27,45	10,15	36,4	21,6	48,2	28,2
23.Тепловміст води на вході	i'	$\frac{\text{Ккал}}{\text{кг}}$		120,0	110,1	117,0	108,6				
24.Температура води на вході	t'	$^{\circ}C$		120	110	116	108	110	74	110	84
25.Тепло падаюче з топки	BQ_m	$\frac{\text{Гкал}}{\text{год}}$		8,08	4,6	5,27	3,36	8,08	5,85	5,27	4,17
26.Тепловміст води на виході	i''	$\frac{\text{Ккал}}{\text{кг}}$		144,6	119,7	146,8	120,4				
27.Температура води на виході	t''	$^{\circ}C$		144	119	146	120	110	74	110	84

Продовження таблиці 1.10

1	2	3	4	5	6	7	8	9	11	12	13
39.Коеф. тепловіддачі конвекцією: дійсний	α_K	$\frac{\text{Ккал}}{\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C} \cdot \text{год}}$	$C_z \cdot C_\phi \cdot C_z \cdot \alpha_K^N$ (1.49)	89,7	42,0	97,0	48,1	39,7	56,8	97,0	64,0
40.Теплове напруга поверхні нагрівання	q	$\frac{\text{Ккал}}{\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C} \cdot \text{год}}$	$\frac{B_p \cdot Q_\delta}{M}$ (1.50)	36000	13000	47000	18000	30000	21500	47500	28000
41.Коефіцієнт забруднення	ε			0,01	0,01	0,005	0,005	0,01	0,01	0,005	0,005
Температура зовнішніх забруднень стінки	t_3	$^\circ\text{C}$		490	245	360	204	480	280	350	225
43.		мата	ζ_{ns}	0,016	0,016	0,018	0,018	0,016	0,016	0,018	0,018
44.Коефіцієнт ослаблення променів трьохатомних газів	кг		Номограма	4,3	5,0	4,6	5,3	4,3	4,7	4,6	5,0
45.Сумарна сила поглинання газового потоку	K_3	мата	$K_T \cdot \zeta_{ns} \cdot S$ (1.51)	0,068	0,079	0,08	0,093	0,068	0,075	0,081	0,088
46.Ступінь чорноти газів	a		Номограма	0,07	0,083	0,089	0,095	0,07	0,08	0,085	0,093
47.Поправка	C_T		Номограма	0,97	0,98	0,97	0,98	0,97	0,98	0,97	0,98
48.Коеф. тепловіддачі випромінюванням по моног.	α_x''	$\frac{\text{Ккал}}{\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C} \cdot \text{год}}$		169	65	136	68	165	92	136	83
49.Коеф. тепловіддачі випромінюванням: дійсний	α_x	$\frac{\text{Ккал}}{\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C} \cdot \text{год}}$	$a \cdot C_T \cdot \alpha_x''$ (1.52)	11,2	5,3	11,2	6,3	11,2	7,2	11,2	7,6
50.Коеф. тепловіддачі від газів до стінки	α_1	$\frac{\text{Ккал}}{\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C} \cdot \text{год}}$	$\alpha_x' + \alpha_x$ (1.53)	100,9	47,3	108,2	54,4	100,9	64,0	108,2	71,6

Продовження таблиці 1.10

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
51. Коефіцієнт тепловіддачі	K	$\frac{K_{\text{кап}}}{\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C} \cdot \text{год}}$	$\frac{\alpha'}{1 + \varepsilon \cdot \alpha'}$ (1.54)	50,1	32,2	70,2	42,9	50,1	39,0	70,2	52,7
52. Теплосприймання еконайзера (по рівнянню тепловіддачі)	$B_p Q_m$	$\frac{Г_{\text{кап}}}{\text{год}}$	$K \cdot H \cdot \Delta t$ (1.55)	44,8	16,0	59,0	21,5	45,5	26,5	59,5	34,4
53. Теж	Q_m	$\frac{K_{\text{кап}}}{\text{кг}(\text{НМ}^3)}$		3580	3400	4190	3960	3640	3800	4230	4270
54. Розбіжність з прийнятою раніше		%	$\frac{Q_m - Q_{\text{б}}}{Q_{\text{б}}} \cdot 100$ (1.56)	0,6	1,0	0,4	1,0	0	0,8	0	1,2
55. Питомий обсяг води	v'	$\frac{\text{м}^3}{\text{кг}}$		0,0011	0,0011	0,0011	0,0011	0,0011	0,001	0,001	0,001
56. Швидкість води	W'_ε	$\frac{\text{м}}{\text{сек}}$	$\frac{W'_\varepsilon \cdot D}{3600 \cdot f}$ (1.57)	1,44	1,41	1,44	1,41	1,63	1,59	1,63	1,6

Таблиця 1.11 - Розрахунок конвективної частини (верхній пакет)

Найменування	Позначення	Розмірність	Розрахункова ф-ла або підстава	Результати розрахунку											
				Піковий режим						Основний режим					
				Мазут			Газ			Мазут			Газ		
				100%	40%	100%	40%	100%	40%	100%	40%	100%	40%	100%	40%
				5	6	7	8	9	10	11	12	28×3	28×3	28×3	28×3
1	2	3	4												
1. Діаметр труб	$d \cdot S$	мм													
2. Розташування труб				шахове											
3. Відносний поперечний крок	$S_1 \frac{1}{d}$	мм		2,29	2,29			2,29			2,29				
4. Відносний поздовжній крок	$S_2 \frac{1}{d}$	мм		1,18	1,18			1,18			1,18				
5. Розрахункова поверхня нагріву	H	м ²	(1.41)	1748	1748			1748			1748				
6. Живий перетин для потоку газів	F	м ²		21,4	21,4			21,4			21,4				
7. Живий перетин для потоку води	f	м ²		0,592	0,592			0,296			0,296				
8. Число рядів по ходу газів	Z_z			32	32			32			32				
9. Ефективна товщина випромінюючого шару	S	м		0,067	0,067			0,067			0,067				
10. Витрата палива розрахункова	B_p	$\frac{\text{кг}(\text{нм}^3)}{\text{год}}$		12500	4690	14100	5420	12480	6960	14050	8060				
11. Коефіцієнт надлишку повітря в газах на вході	α'			1,15			1,15			1,15			1,15		
12. Коефіцієнт надлишку повітря в газах на виході	α''			1,15			1,15			1,15			1,15		
13. Середній об'єм газів	V_T	$\frac{\text{нм}^3}{\text{кг}(\text{нм}^3)}$		12,46			12,24			12,46			12,24		

Продовження таблиці 1.11

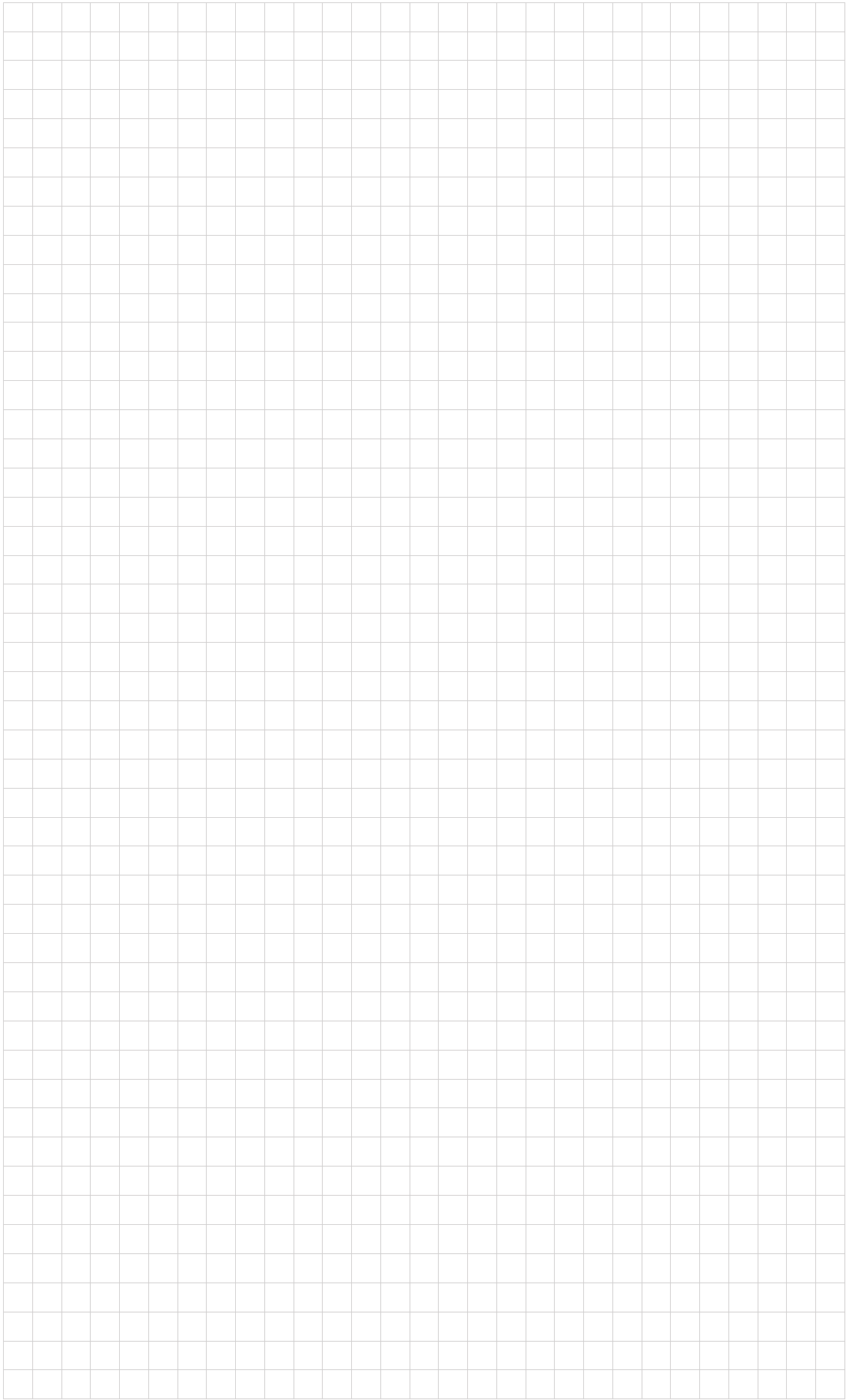
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
14.Об'ємна частка трьохатомних газів	ζ_m	$\frac{\text{нм}^3}{\text{кг}(\text{нм}^3)}$		0,235		0,262		0,235		0,262	
15.Об'ємна частка водяної пари	ζ_{H_2O}	$\frac{\text{нм}^3}{\text{кг}(\text{нм}^3)}$		0,108		0,18		0,108		0,18	
16.Температура газу перед економайзером	ν'	$^{\circ}\text{C}$		540	250	450	220	525	310	435	270
17.Тепловміст газу перед економайзером	\mathcal{J}'	$\frac{\text{Ккал}}{\text{кг}(\text{нм}^3)}$		2325	1039	1874	891	2257	1297	1808	1100
18.Температура газу за економайзером	ν''	$^{\circ}\text{C}$		230	125	185	120	225	120	182	
19.Тепловміст газу за економайзером	\mathcal{J}''	$\frac{\text{Ккал}}{\text{кг}(\text{нм}^3)}$		953	516	746	481	932	491	734	451
20.Теплосприймання економайзера (по балансу)	Q_6	$\frac{\text{Ккал}}{\text{кг}(\text{нм}^3)}$	(1.42)	1368	520	1128	407	1320	800	1070	636
21.Теж	$B_p Q_6$	$\frac{\text{Гкал}}{\text{год}}$		17,1	2,45	15,8	2,21	16,5	5,56	15,0	5,14
22.Приріст тепловміста води	Δi	$\frac{\text{Ккал}}{\text{год}}$	(1.43)	7,4	1,14	7,92	1,03	13,35	4,5	12,0	4,15
23.Тепловміст води живильної входу	$i'_{ж.с}$	$\frac{\text{Ккал}}{\text{кг}}$		104,4	104,4	104,4	104,4	70,2	50,3	70,2	60,2
24.Тепловміст води на вході	i'	$\frac{\text{Ккал}}{\text{кг}}$	$i'_{ж.с} + i_{по} \frac{D}{D + D_{пр}} (1.58)$	111,9	108,7	109,0	107,6				
25.Температура води на вході	t	$^{\circ}\text{C}$		111	108	109	107	110	74	110	84
26.Тепловміст води на виході	i''	$\frac{\text{Ккал}}{\text{кг}}$	$i' + \Delta i (1.59)$	119,9	109,8	116,8	108,7				

Продовження таблиці 1.11

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
39. Коеф. тепловіддачі конвекцією: дійсний	α_K	$\frac{\text{Ккал}}{\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{Сгод}}$	$C_z \cdot C_\phi \cdot C_z \cdot \alpha_K^N$ (1.60)	64,0	30,3	65,2	31,9	62,7	36,8	64,7	40,5
40. Теплове напруження нагрівання	q	$\frac{\text{Ккал}}{\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{Сгод}}$	(1.50)	9800	1350	9200	1260	9400	3170	8600	2570
41. Коефіцієнт забруднення	ε	$\frac{\text{Ккал}}{\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{Сгод}}$		0,01	0,01	0,005	0,005	0,01	0,01	0,005	0,005
42. Температура зовнішніх забруднень стінки	t_3	$^\circ\text{C}$		216	122	160	115	204	106	150	100
43.		мат	ζ_{ns}	0,016		0,018		0,016		0,018	
44. Коефіцієнт ослаблення променів трьохатомних газів	κ		Номограма	5,9		6,2		5,9		6,2	
45. Сумарна сила поглинання газового потоку	K_3	мат	(1.51)	0,093		0,109		0,093		0,109	
46. Ступінь чорноти газів	a		Номограма	0,095		0,102		0,095		0,102	
47. Поправка	C_T		Номограма	0,96		0,955		0,96		0,955	
48. Коеф. тепловіддачі випромінюванням по моног.	α_z''	$\frac{\text{Ккал}}{\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{Сгод}}$	Номограма	34		25		34		25	
49. Коеф. тепловіддачі випромінюванням: дійсний	α_z	$\frac{\text{Ккал}}{\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{Сгод}}$	(1.52)	3,1		2,4		3,1		2,4	

Продовження таблиці 1.11

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
50.Коеф. тепловіддачі від газів до стіни	α_1	$\frac{K_{клп}}{m^2 \cdot C_{год}}$	(1.53)	67,1	30,3	67,5	31,9	65,8	36,8	67,1	40,6
Коефіцієнт тепловіддачі	K	$\frac{K_{клп}}{m^2 \cdot C_{год}}$	(1.54)	40,2	23,2	50,5	27,5	39,8	26,9	50,2	33,8
Теплосприймання економайзера (по рівнянню тепловіддачі)	$B \cdot Q_{p \cdot m}$	$\frac{G_{клп}}{год}$	(1.55)	16,8	2,44	15,5	2,22	16,3	5,5	14,8	5,15
Теж	Q_m	$\frac{K_{клп}}{кг(чм^3)}$		1348	520	1100	407	1305	750	1052	638
Розбіжність з прийнятою раніше		%	(1.56)	1,5	0	1,95	0	1,1	1,25	1,7	0,3
Питомий обсяг води на вході	v'	$\frac{m^3}{кг}$		0,0011	0,0011	0,0011	0,0011	0,0011	0,001	0,0011	0,001
Швидкість води на вході	W'_e	$\frac{м}{сек}$	$\frac{(D + D_{np}) \cdot v'}{3600 \cdot f}$ (1.58)	1,06	1,06	1,06	1,06	1,22	1,19	1,22	1,19



					ТП - з81мп 15 003 ПЗ	Арк.
						50
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1.6 Висновки до розділу 1

В розділі 1 була розглянута конструкція котла ПТВМ-100 і умови його експлуатації. Висвітлені особливості горіння газового факела. Показані умови утворення оксидів азоту і оксиду вуглецю. Зроблено розрахунок процесу горіння і теплової баланс котла ПТВМ - 100.

					ТП - з81мп 15 003 ПЗ	Арк.
						51
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2 ОПИС ШТАТНОЇ ПАЛЬНИКОВОЇ СИСТЕМИ

2.1 Загальні дані штатних пальників

В два яруси, на фронтівій та задній стінках нижньої частини топочної камери котла ПТВМ-100, розташовані 16 газомазутних пальників. Пальники розраховані на периферійне підведення газу і механічний розпил мазуту.

Первинне повітря подається в міжтрубний простір, між трубою розмірами 194/200 мм та трубою розмірами 523/529 мм., через реєстр до амбразури пальника. Вторинне повітря підводиться по трубці розмірами 194/200 мм до амбразури пальника. Через трубку розмірами 70/76 мм., до амбразури пальника підводиться мазутна форсунка.

Реєстр пальника має 18 поворотних лопаток, які регулюють кутом нахилу інтенсивність закрутки повітря.

Топки котлів оснащені не менше ніж шістьма розпалювальними пальниками з дистанційно - і по місцю керованими запально-захисними пристроями. На всіх пальниках передбачена можливість застосування «ручного» запальника.

У пальниках застосовані спеціального типу мазутні форсунки механічного розпилювання, з охолоджуванням мережевою водою. Тиск мазуту перед форсункою повинен бути не нижче за 1,47 МПа, тиск газу перед пальником 19,6 Па.

На кожен пальник встановлений окремий дуттьовий вентилятор.

Ескізи штатного пальника зображено на рис. 2.1 та рис. 2.2.

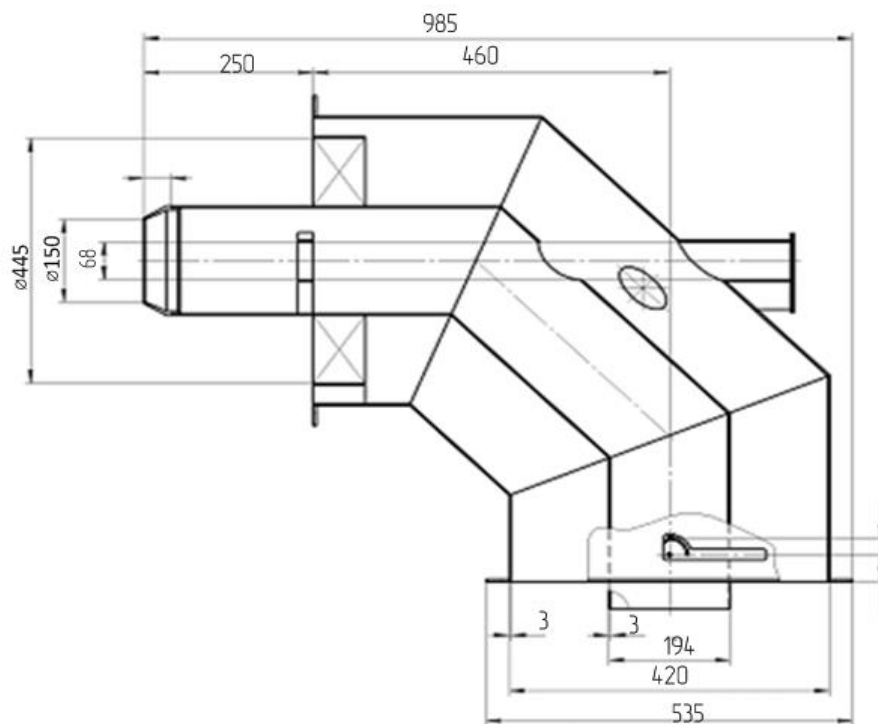


Рисунок 2.1 - Пальник штатний. Повздовжній розріз

					ТП - з81мп 15 003 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		52

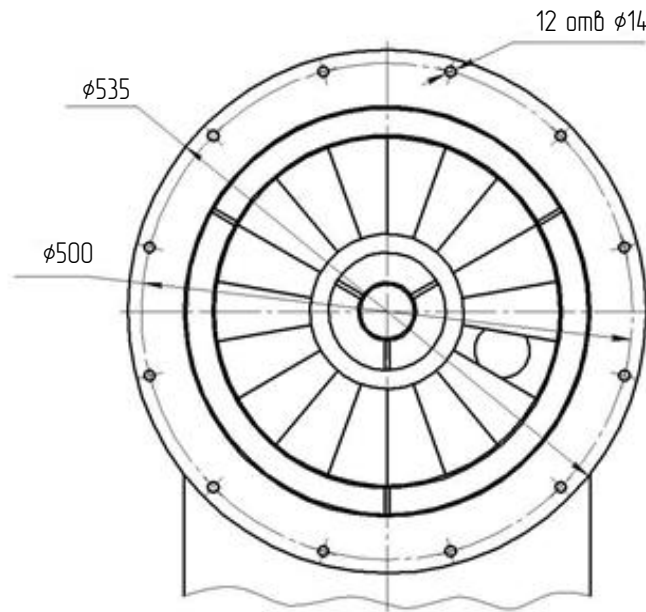


Рисунок 2.2 - Пальник штатний. Вигляд спереду

Таблиця 2.1 Основні технічні характеристики пальників, встановлених на котлі ПТВМ-100.

Найменування величин	Розмірність	Значення
Продуктивність пальника по газу	м ³ /год	800
Загальна витрата дугтьового повітря	м ³ /год	8000 - 11450
Витрата первинного повітря	м ³ /год	6000 - 7600
Витрата вторинного повітря	м ³ /год	2000 - 3800
Тиск газу	МПа	0,03
Температура газу	°С	5 - 15
Температура дугтьового повітря	°С	0 - 20

Недоліками штатної пальникової системи є:

- незадовільний ККД;
- висока витрата палива;
- аеродинамічний опір пальника;
- неприйнятні викиди забруднюючих речовин у довкілля.

Позбутися недоліків можна впровадженням трубчастої технології газоспалювання (ТТГ).

2.2 Технічні та екологічні умови експлуатації штатних пальників

До основних енерго-екологічних показників роботи котла відносяться:

- максимальне навантаження котла;
- допустимі концентрації окислів; азоту

					ТП - з81МП 15 003 ПЗ	Арк.
						54
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

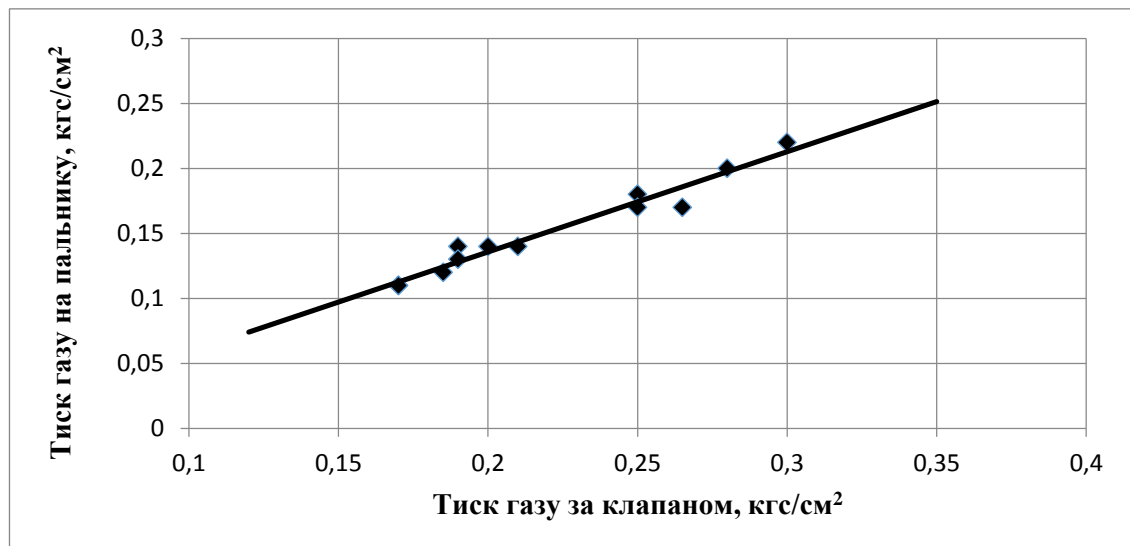


Рисунок 2.3 - Залежність тиску природного газу на пальниках від загального тиску за регулюючим клапаном на котлі ПТВМ-100

Залежність навантаження котла від витрати газу відображається на рис. 2.4, в діапазоні навантажень 20-48 Гкал/год і представляє лінійну залежність.

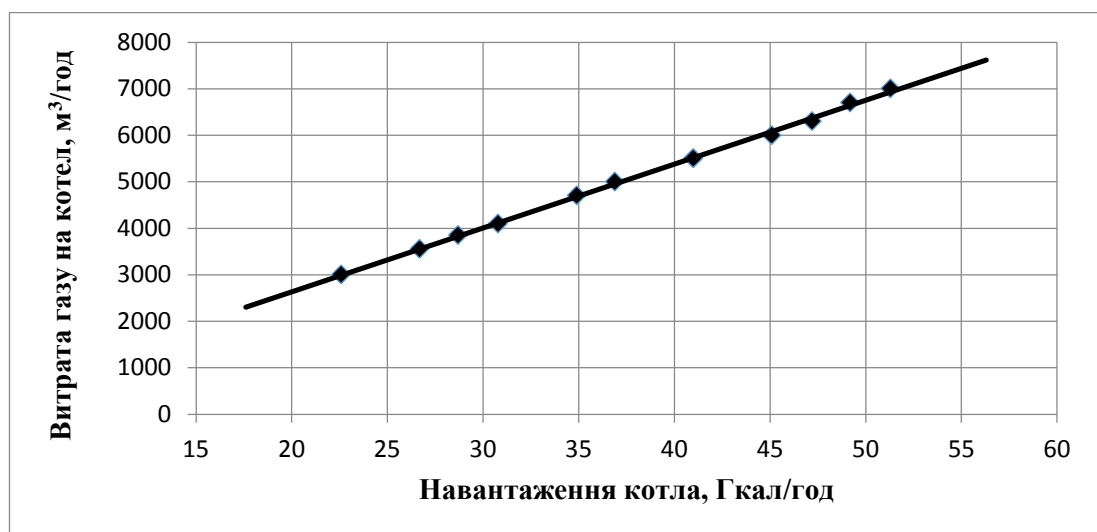


Рисунок 2.4 - Залежність навантаження від витрати газу на котел ПТВМ-100.

В діапазоні теплових навантажень 20-40 Гкал/год температура відхідних газів становить 95-125 °С. Підвищення теплового навантаження від 40 до 48 Гкал/год призводить до суттєвого підвищення температури відхідних газів з 125 до 175 °С. Це пов'язано з недостатньою площею теплообміну конвективного поверхні котла і його забрудненням, що добре видно з залежності температури відхідних газів на котлі від теплового навантаження котла (рис.2.5), тобто витрати газу на пальник, що визначає швидкість руху газів у конвективних поверхнях нагріву, як слід, коефіцієнти тепловіддачі газів до поверхні теплообміну.

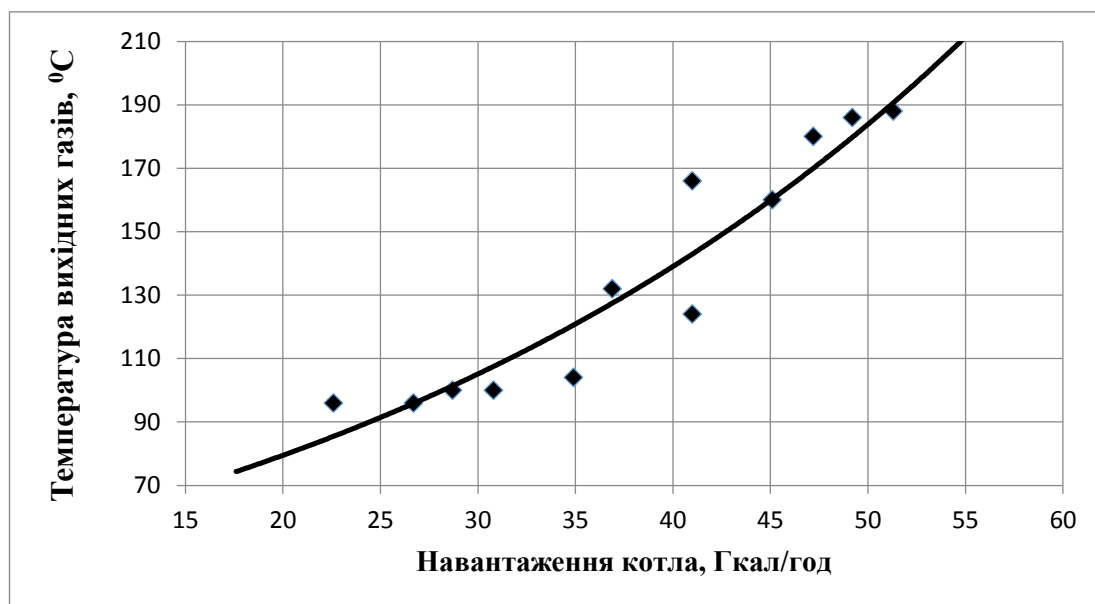


Рисунок 2.5 - Залежність температури відхідних газів від навантаження котла ПТВМ-100

При збільшенні витрати газу на пальник коефіцієнт надлишку повітря різко зменшується. При зниженні надлишку повітря на котлі менше 1,12-1,13 у вихідних газах різко збільшується вміст окису вуглецю, від слідів (10 мг/м^3) до декількох тисяч мг/м^3 (рис.2.6, 2.7).

Зміст окислів азоту у всіх дослідях практично не змінювалося і становило $60-70 \text{ мг/м}^3$ (див. табл. 2.1)

З вище викладеного, можна зробити висновки:

1. Робота котла на природному газі стабільно забезпечує максимальну теплове навантаження 48 Гкал/год.

2. На котлі максимальні навантаження без появи СО у вихідних газах складають:

- на 4-х пальниках – 28 Гкал/год;
- на 5-ти пальниках – 33 Гкал/год;
- на 6-х пальниках – 38 Гкал/год;
- на 7-х пальниках – 43 Гкал/год;
- на 8-х пальниках – 48 Гкал/год.

3. Теплове навантаження забезпечується за повністю відкритими засувками на пальниках, при тиску газу за регулюючим клапаном від $0,17$ до $0,25 \text{ кг/см}^2$.

4. Залежність температури відхідних газів від навантаження до 40 Гкал/год лінійна і становить $95-125^\circ\text{C}$. При збільшенні навантаження вище 40 Гкал/год, температура відхідних газів різко зростає і ККД котла знижується до 91,3%.

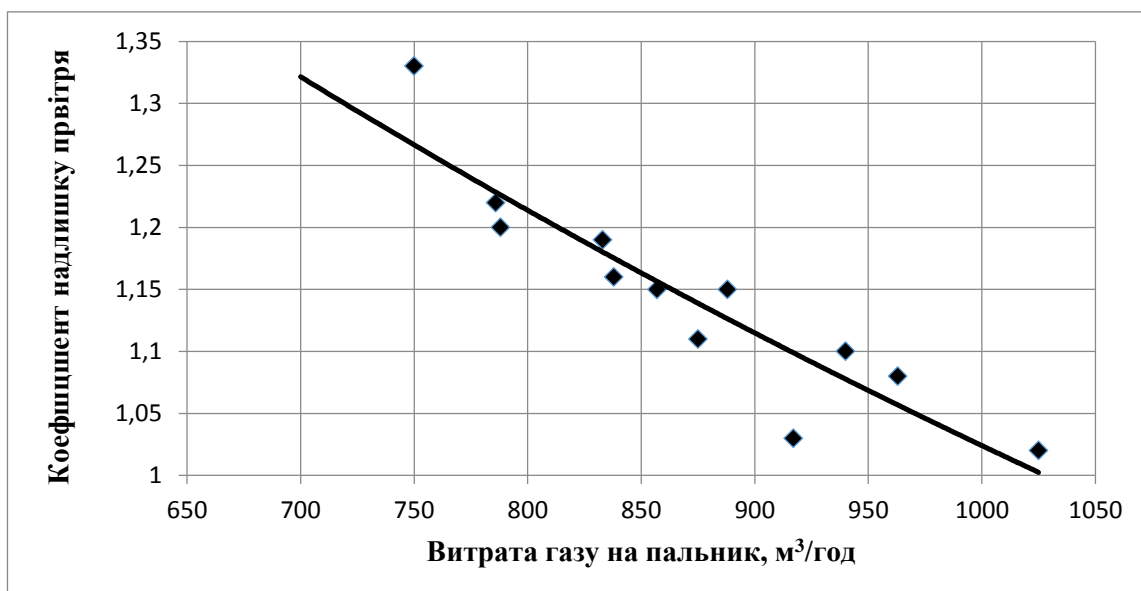


Рисунок 2.6 – Залежність коефіцієнту надлишку повітря від витрати газу на паливник котла
ПТВМ-100

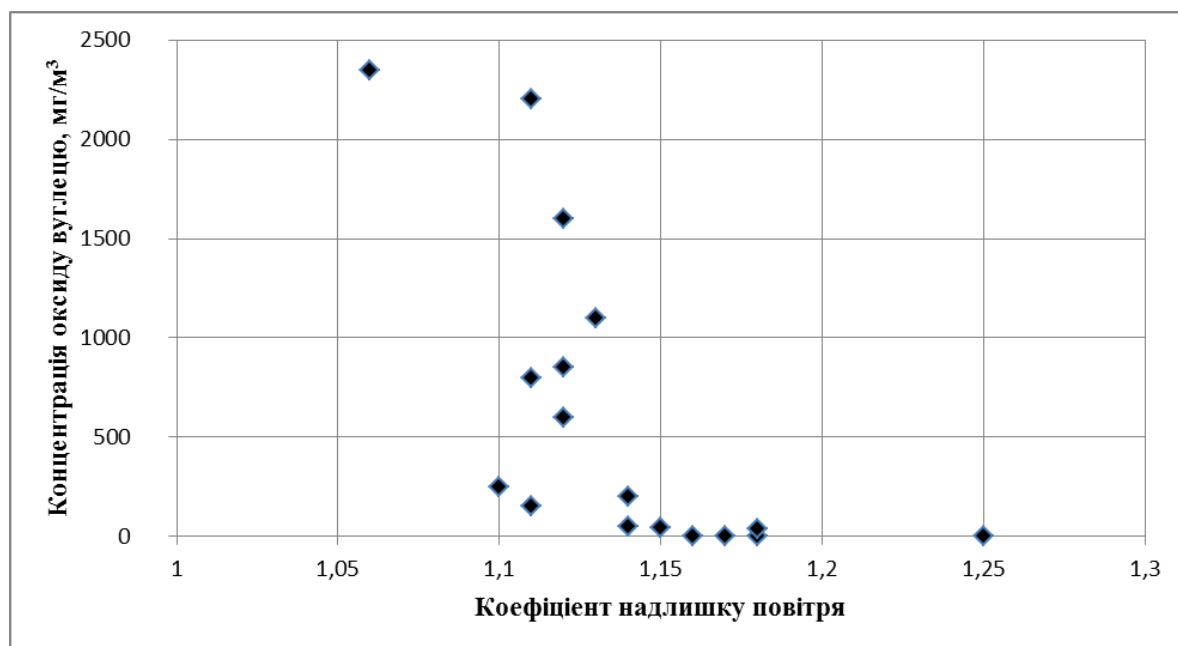


Рисунок 2.7 - Залежність концентрації оксиду вуглецю від надлишку повітря
Висновки з результатів випробувань.

- 1)ККД котельного агрегату збільшується при роботі на зниженому навантаженні - до 20%.
- 2)При навантаженні до 20 Гкал в роботу доцільно включати подову паливник.
- 3)У літній період котел доцільно експлуатувати на подовому паливнику.
- 4)Викид оксидів азоту в атмосферу на знижених навантаженнях залишився незмінним, а на навантаженнях 50-70% зменшився на 20%.

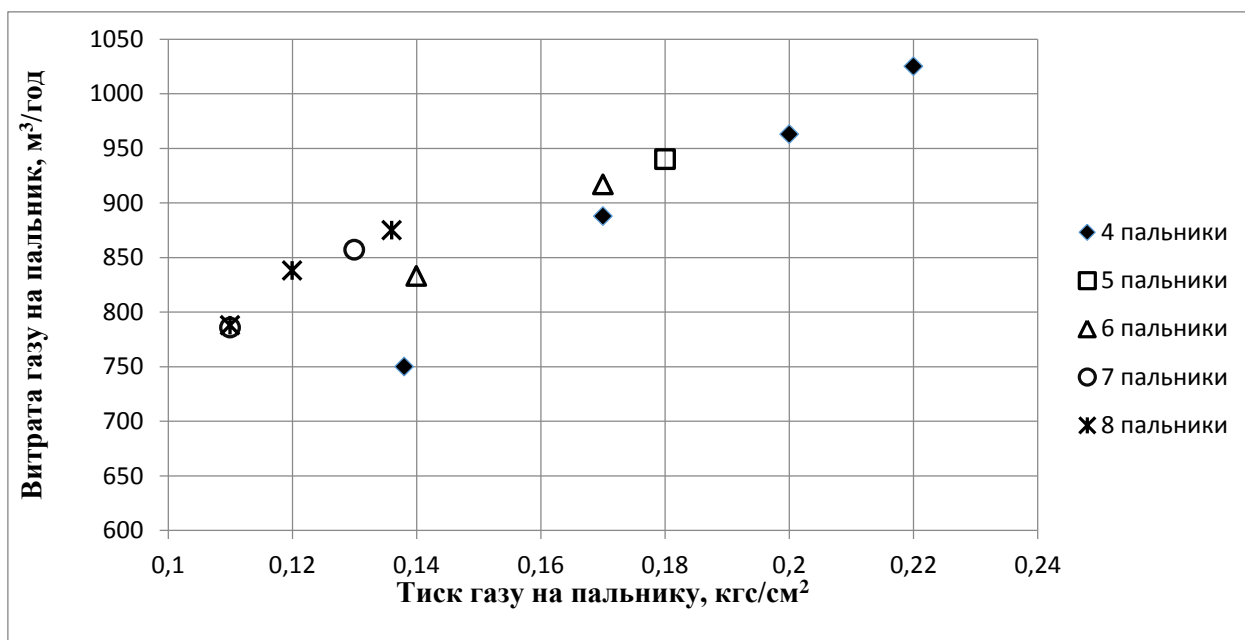


Рисунок 2.8 - Залежність витрати від тиску газу на пальнику котла ПТВМ-100

2.3 Процес пуску та останови котла, переходу на новий режим навантаження, робота з пальниками

Розпалювання є найбільш відповідальною операцією в експлуатації котлів ПТВМ-100 і вимагають від обслуговуючого персоналу точного знання і виконання умов надійності і безпеки.

Підготовчі операції:

- Оглянути топку і конвективні поверхні нагрівання через лази і лючки і переконатися в нормальному зовнішньому стані пальників, труб поверхонь нагріву, в відсутності людей усередині топки. Закрити лази, люки на запори.
- Оглянути котел і допоміжне обладнання і переконатися:
 - в справності обмурівки котла;
 - в наявності ізоляції, справності опор і підвісок;
 - підвідних і відвідних трубопроводах до котла;
 - в справності арматури;
 - кріпильних болтів в кришках і фланцевих з'єднаннях, стані штоків, достатність сальникової набивки і наявності запасу для підтяжки сальників;
 - в справності приводів і тяг шиберів, клапанів, засувок;
 - в справності тягодутьєвих механізмів і готовності їх до роботи;
 - в наявності і справності засобів пожежогасіння.
- Провести вентиляцію топки і газоходів котла протягом не менше 10 хвилин.

Розпалювання котла на природному газі.

1. Поставити ключі управління на панелях управління і захистів в наступні положення:

- ключ вибору режимів роботи - в положення «Розпалювання»;
- ключ вибору роду палива для захистів - в положення «Газ»;
- ключі вибору палива для управління арматурою пальників - в положення «Газ».

2. Провести вентиляцію топки і газоходів котла

3. Заповнити газопровід котла природним газом. Продути газопровід котла через торцеві продувальні свічки газопроводу котла. Закінчення продування газопроводу визначається аналізом проби газу на вміст кисню, який не повинен перевищувати 1,0%. Закрити торцеві свічки на газопроводі котла і свічку перед газовим відтином клапаном котла.

4. Провести перевірку щільності газопроводу і газової арматури котла цим газом. Щільність запірної арматури вважається задовільною, якщо протягом 5 хвилин не спостерігається зниження тиску газу.

5. Якщо герметичність газової арматури котла задовольняє перерахованим вище критеріям, необхідно:

- звести відтином клапан котла;
- відкрити електрифіковану газову засувку;
- регулюючим клапаном відрегулювати тиск газу в газопроводі котла на рівні $0,2 \div 0,4 \text{ кг/см}^2$;
- врівноважити тягу в топці котла на рівні $3 \div 5 \text{ мм вод. ст.}$;
- ввести в роботу захист котла.

6. Провести розпалювання пальників за місцем, в черговості №5, №12, №11, №6. Розпалювання пальника проводити в наступному порядку:

- впливом на кнопку управління повітряним шибером, прикрити на ~ 50-60% шибер подачі повітря на вентиляторі. Прикриття шибера в початковий період розпалу необхідно для стійкого займання газу від газової запальника, так як в протилежному випадку можливий обрив факела і нестійке горіння пальника;

- розпалити газовий запальник, внести його в розтоплюючий пальник, переконатися в стійкому горінні газового запальника;

- відкрити запірний клапан;

- вручну, поступово, відкривати першу по ходу ручну газову засувку на пальник, що розтоплюють;

- при появі факела в пальнику повністю відкрити першу по ходу газу засувку і повітряний шибер, спостерігаючи за факелом.

					ТП - 381мп 15 003 ПЗ	Арк.
						59
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- закрити свічку безпеки на працюючим пальники.

7. У тому ж порядку розпалити інші розпалювальні пальника. При розпаленні стежити за тиском газу в газопроводі котла, підтримуючи його на рівні $0,2 \div 0,3$ кг/см², і за розрідженням в топці, яке необхідно підтримувати на рівні $3 \div 5$ мм вод. ст. Після розпалювання чотирьох розпалювальних пальників ключ вибору режимів роботи котла перевести в положення «Нормальна робота». Одночасно ввести захист від згасання факела в топці котла.

8. Для розпалювання основних пальників необхідно:

- закрити свічку безпеки пальника, яка підлягає включенню;
- поставити ключ управління пальника в положення «паливо», при цьому включається вентилятор цього пальника, відкриваються повітряний шибер і запірний клапан;
- подати газ на пальник, повністю відкривши ручну газову засувку на пальник за місцем;
- переконатися в стійкому горінні факела пальника.

9. Для рівномірного завантаження топкового обсягу котла пальники необхідно включати послідовно, чергуючи парні і непарні. Включення основних пальників можливо тільки при роботі всіх розпалювальних пальників. Розпалювання пальників верхнього ярусу проводиться після розпалу всіх пальників нижнього ярусу.

Зупинка котла.

Перед зупинкою котла ПТВМ-100 необхідно попередньо погасити всі основні пальники по черзі.

При відключенні пальників необхідно стежити за:

- розрідженням в топці, підтримуючи його на рівні $2 \div 3$ мм вод. ст. ;

Для зупинки котла, що працює на газі необхідно:

- якщо працюють тільки запальні пальники, закрити газовий клапан, що відтинає котел;
- переконатися в згасанні факела в топці котла;
- закрити запірні відсікаючи клапана на пальники;
- закрити ручні газові засувки на відключених пальниках, відкрити свічки безпеки на пальниках і продувні свічки на торцях газопроводу і між загальною засувкою і відтинаючим клапаном котла;
- вентилятори розпалювальних пальників залишити в роботі на протязі 10 хвилин для вентиляції топки;

					ТП - 381мп 15 003 ПЗ	Арк.
						60
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

При виведенні котла в резерв на термін більше трьох діб, а також при виведенні котла в ремонт на газопроводі котла повинна бути встановлена заглушка. У цих випадках газопровід котла необхідно продути повітрям.

Мазутопроводи, що знаходиться в резерві котла в опалювальний період року, повинні бути заповнені мазутом, тиском не менше 10 кг/см². При цьому, повинна бути забезпечена циркуляція мазуту через мазутопроводи агрегата, щоб не допустити його застигання.

Під час тривалих простоїв (більше трьох діб), для запобігання атмосферної корозії поверхонь нагріву котла з внутрішньої сторони, коли через котли не пропускається мережева вода, зробити консервацію котла.

2.4 Схема теплопостачання станції

Тепломережеві магістралі забезпечують теплопостачання споживачів. Тепломережеві магістралі прямої води постачають теплоносії споживачам, від споживачів вертається зворотня вода.

Схематично розподіл води на ТЄЦ зображений на рисунку 2.9.

Технічна вода потрапляє на всас насосів технічної води з Дніпровської технічної станції під тиском від 4 кгс/см² в літку, до 12 кгс/см² в зимній період, направляється до підігрівачів сирої води. Потім підігріта вода проходить хімоцтску. Накопичення води відбувається в баках, звідки вода насосами через підігрівачі хімічно-очищеної води надходить до деаераторів, де відбувається видалення кисню. За допомогою підживлювальних насосів вода з деаераторів потрапляє на всмоктування мережевих насосів. Змішування прямої та зворотньої води відбувається в колекторі, тим самим згладжуються втрати мереживої води.

Насосами мережна вода подається до водогрійних котлів першого ступеню підігріву і направляється в зону котлів ПТВМ та бойлерні установки, для подальшого підігріву, або розподілу по магістралях. Підігрів другий ступені відбувається або в котлах ПТВМ, або в бойлерній установці. Потім відбувається розподіл підігрітої мережної води між споживачами.

Від споживачів зворотня вода потрапляє до колекторної, звідки насосами, знову повертається до циклу.

На випадок аварійної нестачі води, передбачено аварійне підновлення технічною водою.

					ТП - 381мп 15 003 ПЗ	Арк.
						61
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

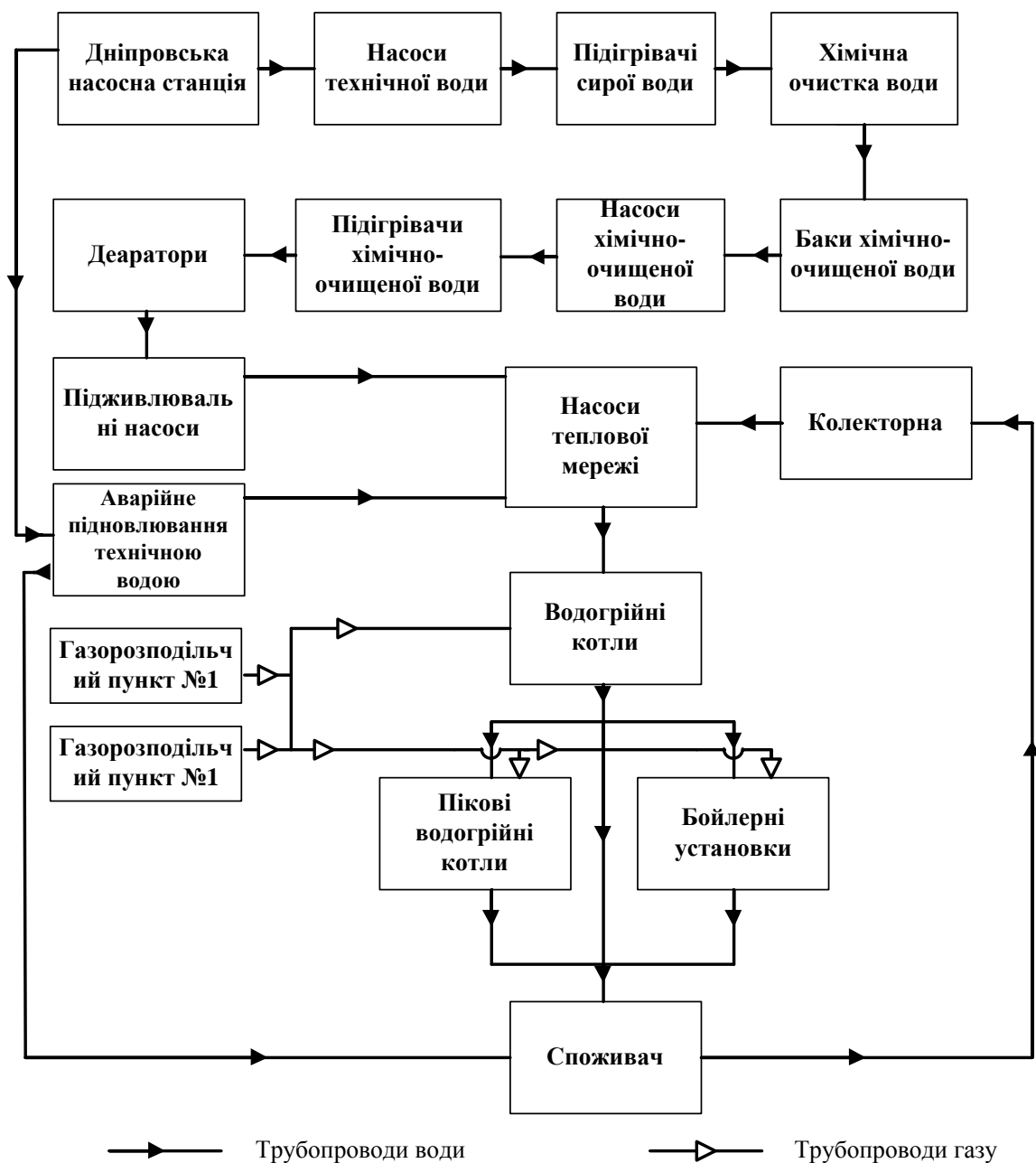


Рисунок 2.9 - Принципова схема тепlopостачання ТЕЦ

2.5 Контрольно-вимірювальні прилади, автоматичні регулятори, технологічні захисти і блокування

Контрольно-вимірювальні прилади

Водогрійний котел обладнаний наступними приладами :

Приладами, що показують:

- розрідження в топці котла;
- тиск мережної води до котла;
- тиск мережної води після котла;
- температура мережної води після котла;

- тиск газу за регулятором;
- тиск мазуту в напірних магістралях;
- тиск мазуту на котел;
- витрата мережної води через котел.

Приладами, що реєструють:

- тиск газу в загальному колекторі;
- витрата газу на котел;
- температура мережної води до і після котла;
- температура відхідних газів;
- витрата мазуту на котел;
- витрата мазуту на рециркуляцію;
- витрата мережної води;
- вміст кисню в відхідних газах.

Крім цього на котлі встановлені манометри для виміру тиску газу на пальники і на місцевому щиті прилади типу ММН - для виміру тиску повітря на пальники.

Прилад, що реєструє витрату газу на котел має індикаторний клас точності. Тому обрана методика розрахунку техніко-економічних параметрів котла за зворотнім балансом.

Автоматичні регулятори

Схема автоматичного регулювання котла містить у собі наступні регулятори:

- тиску мазуту в напірних магістралях;
- тиску мазуту на котел;
- тиску газу на котел;
- розрідження в топці.

Технологічні захисти

Усі захисти виконані з використанням одного датчика чи одного вимірювального комплексу. Для ручної аварійної зупинки котла на груповому щиті передбачений ключ. У залежності від характеру аварії захисти виконують:

- зупинку котла;
- локальні операції.

Захисти, що діють на зупинку котла

- підвищення температури мережної води до 155 °С;
- підвищення тиску мережної води до 27 кгс/см²;
- підвищення тиску газу до 0,25 кгс/см²;
- підвищення тиску мазуту до 38 кгс/см²;

					ТП - 381мп 15 003 ПЗ	Арк.
						63
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- зниження тиску мережної води до 10 кгс/см²;
- зниження тиску газу до 0,12 кгс/см²;
- зниження тиску мазуту до 8кгс/см²;
- зменшення витрати мережної води через котел до 2200 т/год;
- зникнення напруги з електрощитів ДВ;
- закриття трьох шиберів на газоході;
- погасання факела.

Технологічна сигналізація

На щит керування котлом винесені сигнали відхилення основних технологічних параметрів від установлених значень, що викликають включення світлових табло і звукового сигналу:

- підвищення і зниження температури мазуту перед котлом;
- зниження температури води за котлом;
- зниження тиску газу перед пальниками;
- зниження тиску мазуту перед форсунками.

2.6 Висновки до розділу 2

В розділі були розглянуті особливості конструкції штатних пальників котла ПТВМ - 100, технічні та екологічні умови їх експлуатації. Був зроблений висновок про їх не задовільну роботу:.

- незадовільний ККД;
- висока витрата палива;
- аеродинамічний опір пальника;
- неприйнятні викиди забруднюючих речовин у довкілля.

Описана схема теплопостачання Дарницької ТЕЦ - 4.

Наведені процес пуску і зупинки котлоагрегату, переходи на різні режими навантажень.

Розглянути контрольно-вимірювальні прилади, регулятори та захисні блокування котла.

					ТП - 381мп 15 003 ПЗ	Арк.
						64
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3 МОДЕЛЮВАННЯ ТОПКОВИХ ПРОЦЕСІВ

3.1 Загальні аеродинамічні характеристики роботи штатних пальників

Складність протікання процесів аерогазодинаміки і сумішоутворення ускладнює їх опис математичними рівняннями. Створення експериментальних моделей вимагає великих фінансових витрат і витрат часу, тому доцільніше виконати моделювання в сучасних САПР, так як вони забезпечують досить високу точність розрахунків. Моделювання аеродинамічних процесів, що протікають в пальниках, вироблялося в системі автоматичного проектування «SolidWorks» за допомогою програми «Flow Simulation» [7].

Модель штатного пальника наведена на рис.3.1. У табл.3.1 представлені його результати розрахунків аеродинамічних характеристик.

Таблиця. 3.1 . Основні аеродинамічні характеристики штатного пальника

Найменування величини	Позначення	Одиниця	Значення величини
Площа поперечного перерізу патрубку первинного повітря	$f_{патр.перв}$	м ²	0,1834
Площа поперечного перерізу патрубку вторинного повітря	$f_{патр.втор}$	м ²	0,025
Витрата повітря в патрубку первинного повітря	$V_{пов.перв}$	м ³ /год	8938
Витрата повітря в патрубку вторинного повітря	$V_{пов.втор}$	м ³ /год	4962
Швидкість повітря в патрубку первинного повітря	$W_{патр.перв}$	м/с	16,71
Швидкість повітря в патрубку вторинного повітря	$W_{патр.втор}$	м/с	68
Швидкість повітря на вході в реєстр	$W_{рег}$	м/с	25,56
Аеродинамічний опір пальника	$\Delta P_{пальн}$	кГс/м ²	109

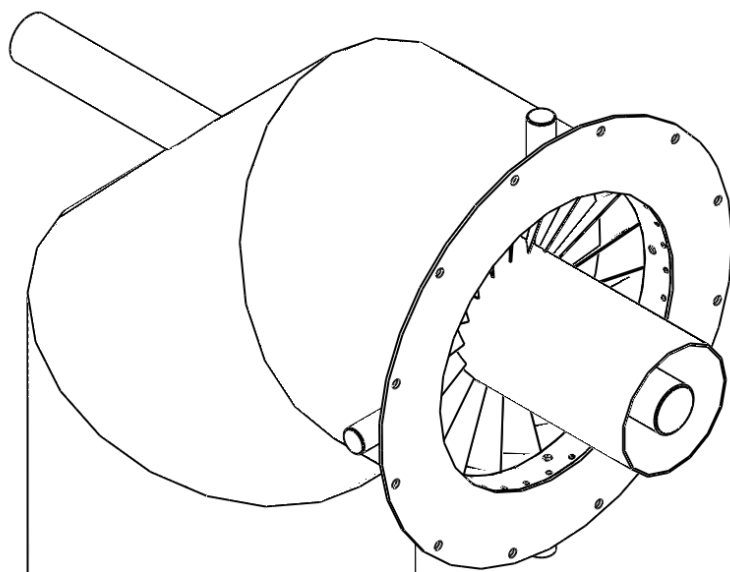


Рисунок 3.1 - Модель штатного пальника

					ТП - 381мп 15 003 ПЗ	Арк.
						65
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Моделювання аеродинамічних процесів у штатному пальнику дозволило отримати наступні результати:

- розподіл швидкостей газоповітряної суміші при роботі пальника штатного типу у повздовжньому розрізі у топці котла. (рис.3.2);
- розподіл швидкостей газоповітряної суміші у пальнику штатного типу на вході в топку котла у поперечному розрізі. (рис.3.3);
- розподіл концентрацій газу при роботі пальника штатного типу у повздовжньому розрізі у топці котла. (рис.3.4);
- розподіл концентрацій газу при роботі пальника штатного типу у поперечному розрізі на вході в котел. (рис.3.5);

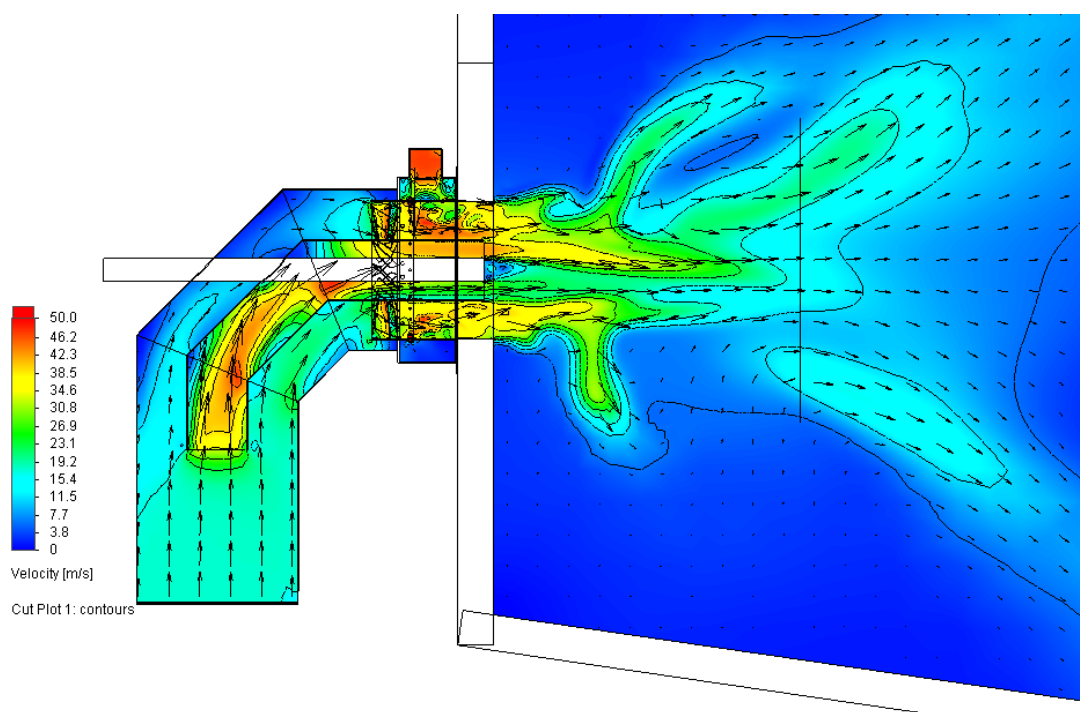


Рисунок 3.2 - Розподіл швидкостей газоповітряної суміші при роботі пальника штатного типу у повздовжньому розрізі у топці котла.

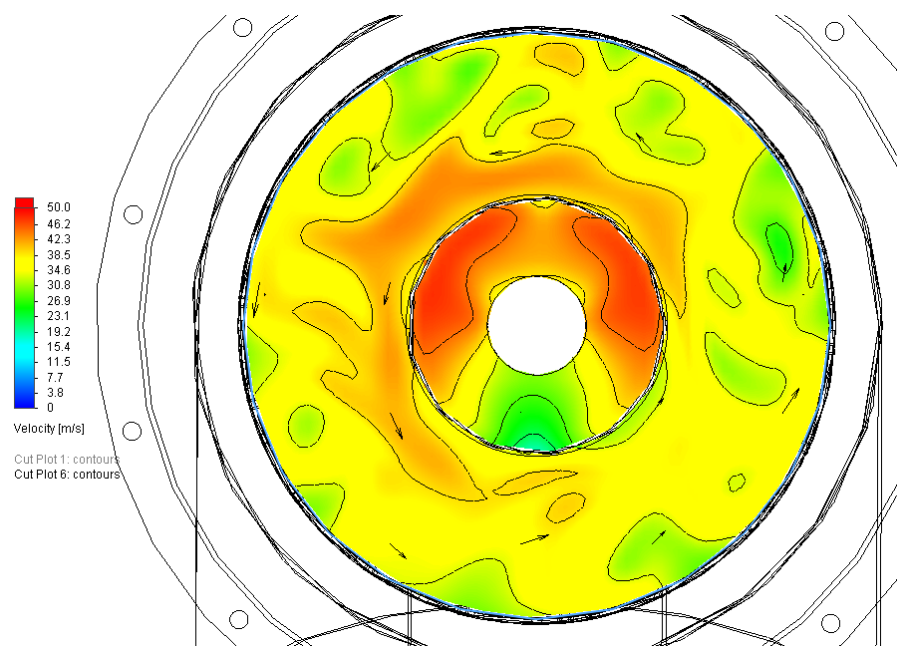


Рисунок 3.3 - Розподіл швидкостей газоповітряної суміші у пальнику штатного типу на вході в топку котла у поперечному розрізі.

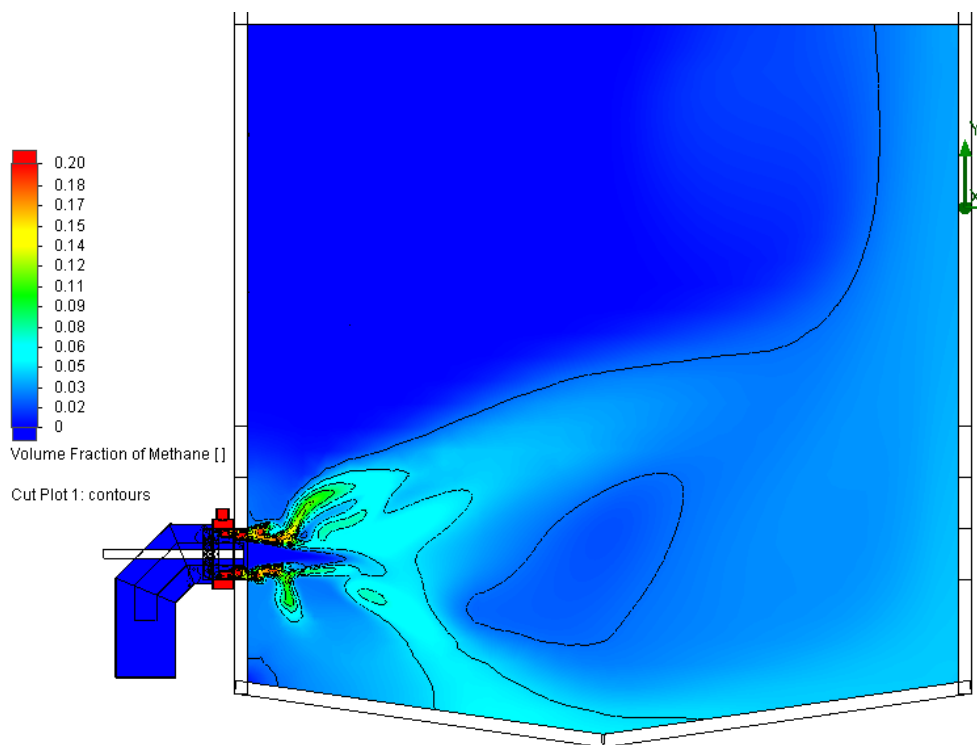


Рисунок 3.4 - Розподіл концентрацій газу при роботі пальника штатного типу у повздовжньому розрізі у топці котла.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ТП - з81мп 15 003 ПЗ

Арк.

67

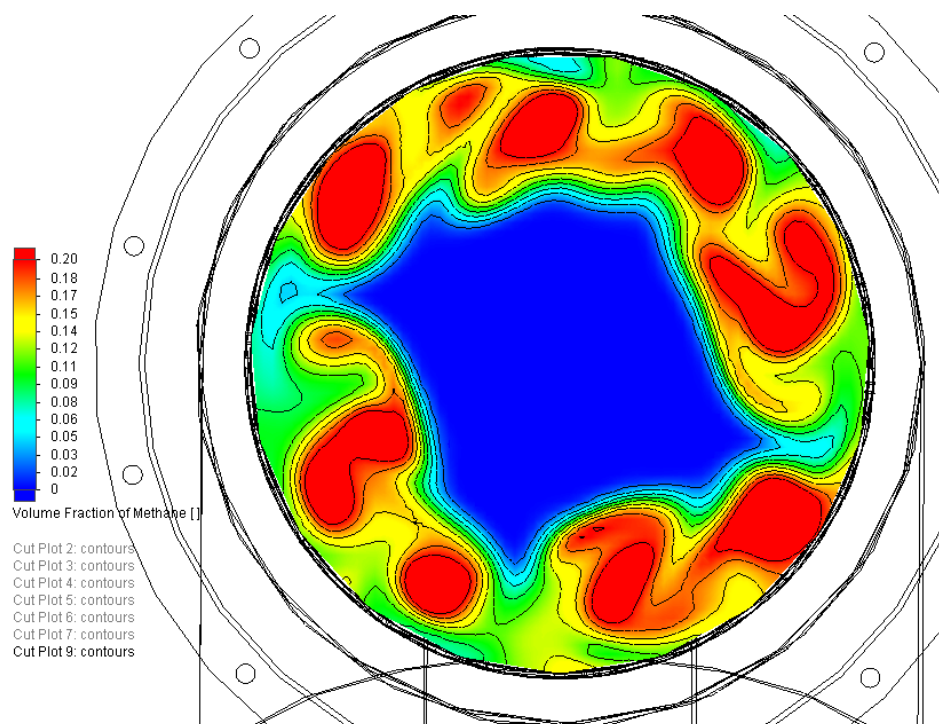


Рисунок 3.5 - Розподіл концентрацій газу при роботі пальника штатного типу у поперечному розрізі на вході в котел.

Були виявлені наступні недоліки штатного пальника:

- Високий аеродинамічний опір.
- Нерівномірність поля швидкості повітря на виході з пальника (рис.3.2).
- Недостатньо якісне сумішоутворення (рис.3.4) і як наслідок довгий факел, який призводить локальному підвищенню температури продуктів згоряння і утворенню в цих зонах оксиди азоту (NO_x).
- Перегорання конвективних поверхонь нагріву.
- Нерівномірність нагріву екранних труб котлоагрегату, що призводить до локальних перегрівів екранних труб і зменшує термін експлуатації.
- Недостатньо високий ККД котлоагрегату.
- Високі показники викидів шкідливих речовин в атмосферу.

3.2 Моделювання аеродинамічних процесів мікрофакельного пальника

Моделювання аеродинамічних процесів, що відбуваються в мікрофакельних пальниках, через їх складності проводимо в системі автоматичного проектування «SolidWorks»[7].

Проводимо розрахунок аеродинамічного опору трубчастого пальника в першому варіанті

Розглянемо трубчастий пальник з повітряним патрубком з гострими кромками.

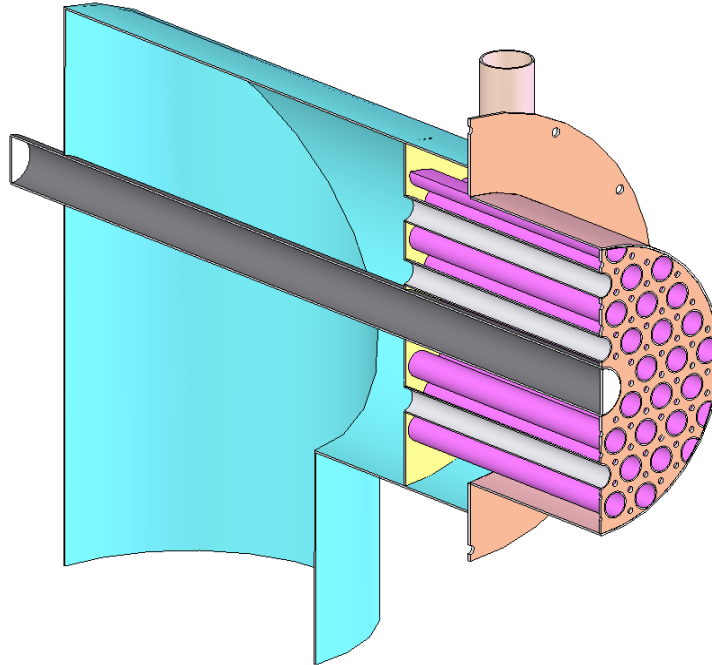


Рисунок 3.6 – Модель трубчастого пальника варіант №1 (з повітряний патрубок з гострими кромками)

Цей варіант відрізняє простота конструкції і дешевизна.

Визначаємо аеродинамічний опір трубчастого пальника у першому варіанті

1) Розраховуємо площу поперечного перерізу патрубку:

$$f_{напр} = \frac{\pi d_{напр}^2}{4}, \quad (3.1)$$

$$f_{напр} = \frac{3,14 \cdot 0,523^2}{4} = 0,2148 \text{ м}^2.$$

2) Розраховуємо швидкість повітря в патрубку:

$$W_{напр} = \frac{V_{нов}}{f_{напр}}, \quad (3.2)$$

$$W_{напр} = \frac{3,514}{0,2148} = 16,357 \text{ м/с}.$$

3) Число Рейнольдса в патрубку:

$$Re_{напр} = \frac{W_{напр} d_{напр}}{\nu}, \quad (3.3)$$

					ТП - з81мп 15 003 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		69

$$Re_{namp} = \frac{16,357 \cdot 0,523}{15,06 \cdot 10^{-6}} = 568042.$$

4) За $Re_{namp} = 568042$ коефіцієнт лінійного опору становить $\lambda_{namp} = 0,013$.

5) Розраховуємо коефіцієнт місцевого опору повороту

$$\xi_{повор} = C_1 A \xi_m, \quad (3.4)$$

де $C_1=1,0$ для круглого перетину,

$A=1,2$ та $\xi_m = 0,99$ для куту повороту потоку $\delta = 90^\circ$

$$\xi_{повор} = 1,0 \cdot 1,2 \cdot 0,99 = 1,188$$

6) Визначаємо число Рейнольдса в трубній системі:

$$Re_{mp} = \frac{W_{пов}^{mp} d_{пов}^{mp}}{\nu}, \quad (3.5)$$

$$Re_{mp} = \frac{71,92 \cdot 0,036}{15,06 \cdot 10^{-6}} = 171920.$$

7) За $Re_{mp} = 171920$ коефіцієнт лінійного опору патрубку становить $\lambda_{mp} = 0,017$.

8) Коефіцієнт закриття трубної дошки буде розраховуватися за рівнянням:

$$K_f = 1 - \frac{\pi}{2} \cdot \frac{(d_{пов}^{mp})^2}{S_{пов-пов}^2} \cdot \frac{1}{\sin 60^\circ}, \quad (3.6)$$

$$K_f = 1 - \frac{3,14}{2} \cdot \frac{0,036^2}{0,056^2} \cdot \frac{1}{\sin 60^\circ} = 0,250$$

9) Довжини прямих ділянок патрубку та трубної системи:

– $l_1 = 0,3265 \text{ м}$ - довжина прямої ділянки патрубку перед поворотом;

– $l_2 = 0,1875 \text{ м}$ - довжина прямої ділянки патрубку після повороту;

– $l_3 = 0,414 \text{ м}$ - довжина прямої ділянки трубної системи.

10) Розраховуємо коефіцієнт гідравлічних втрат трубної системи:

$$\xi_{mp} = [0,5 + K_f^{3/2} + K_f^2 + \lambda_{mp} \frac{l_3}{d_{пов}^{mp}}] / (1 - K_f)^2, \quad (3.7)$$

$$\xi_{mp} = [0,5 + 0,250^{\frac{3}{2}} + 0,250^2 + 0,017 \frac{0,414}{0,036}] / (1 - 0,250)^2 = 1,584.$$

11) Для $t_{пов}=20^\circ\text{C}$ густина повітря становить $\rho = 1,205 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$.

12) Розраховуємо для першого варіанту аеродинамічний опір пальника:

					ТП - з81мп 15 003 ПЗ	Арк.
						70
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\Delta P_{\text{пальн}} = \left(\lambda_{\text{патр}} \frac{l_1 + l_2}{d_{\text{патр}}} + \xi_{\text{повор}} + \xi_{\text{тр}} \right) \frac{\rho W_{\text{патр}}^2}{2} \quad (3.8)$$

$$\Delta P_{\text{пальн}} = \left(0,013 \frac{0,3265 + 0,1875}{0,523} + 1,188 + 1,584 \right) \frac{1,205 \cdot 16,357^2}{2} = 448,9 \text{ Па}.$$

Проводимо розрахунок аеродинамічного опору трубчастого пальника в другому варіанті

Візьмемо трубчастий пальник у якого повітряний патрубок з однаково заокругленими внутрішньою та зовнішньою кромками, з однаковим радіусом заокруглення $r = 100 \text{ мм}$.

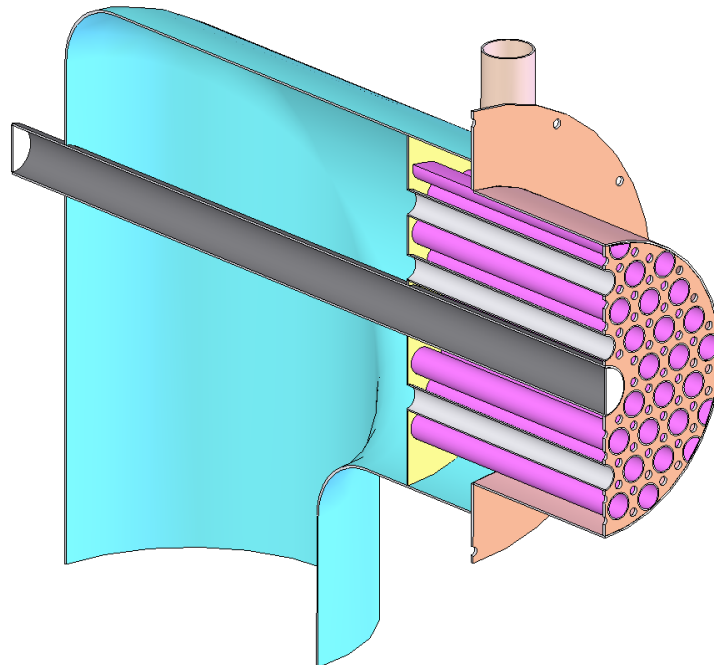


Рисунок 3.7 – Модель трубчастого пальника варіант №2 (з повітряним патрубком з однаково заокругленими внутрішньою та зовнішньою кромками)

Визначення аеродинамічного опору трубчастого пальника другого варіанту:

1) Розрахунок коефіцієнту місцевого опору повороту складається з розрахунку місцевого опору та опору на тертя:

$$\xi_{\text{повор}} = \xi_{\text{м}} + \xi_{\text{тр}} \quad (3.9)$$

Визначаємо коефіцієнт місцевого опору:

$$\xi_{\text{м}} = A_1 B_1 C_1, \quad (3.10)$$

де $A=1,0$ для куту повороту потоку $\delta = 90^\circ$,

$C_1=1,0$ для круглого перетину,

$$B_1 = 0,155 \left(\frac{r}{d_{напр}} \right)^{-0,595}, \quad (3.11)$$

$$B_1 = 0,155 \left(\frac{0,1}{0,523} \right)^{-0,595} = 0,415,$$

$$\xi_{\text{м}} = 1,0 \cdot 0,415 \cdot 1,0 = 0,415.$$

Розрахунок коефіцієнт опору на тертя:

$$\xi_{\text{тр}} = \left(1 + 0,0175 \delta \frac{r}{d_{напр}} \right) \lambda, \quad (3.12)$$

$$\xi_{\text{тр}} = \left(1 + 0,0175 \cdot 90 \frac{0,1}{0,523} \right) 0,013 = 0,017$$

Тоді коефіцієнт місцевого опору повороту становить:

$$\xi_{\text{повор}} = 0,415 + 0,017 = 0,432$$

2) Визначаємо довжину прямих ділянок патрубку:

– $l_1 = 0,2265 \text{ м}$ - довжина прямої ділянки патрубку перед поворотом;

– $l_2 = 0,0875 \text{ м}$ - довжина прямої ділянки патрубку після повороту;

3) Аеродинамічний опір пальника другого варіанту:

$$\Delta P_{\text{пальн}} = \left(\lambda_{\text{напр}} \frac{l_1 + l_2}{d_{напр}} + \xi_{\text{повор}} + \xi_{\text{тр}} \right) \frac{\rho W_{\text{напр}}^2}{2}, \quad (3.13)$$

де $\lambda_{\text{напр}}$ – коефіцієнт лінійного опору патрубку; з аеродинамічного розрахунку для першого варіанту трубчастого пальника $\lambda_{\text{напр}} = 0,013$;

$\xi_{\text{тр}}$ – коефіцієнт гідравлічних втрат трубної системи; з аеродинамічного розрахунку для першого варіанту трубчастого пальника $\xi_{\text{тр}} = 1,584$;

$$\Delta P_{\text{пальн}} = (0,013 \frac{0,2265 + 0,0875}{0,523} + 0,432 + 1,584) \frac{1,205 \cdot 16,357^2}{2} = 326,2 \text{ Па}.$$

Проводимо розрахунок аеродинамічного опору трубчастого пальника в третьому варіанті

Приймаємо трубчастий пальник в якому нормальне коліно в повітряному патрубку з радіусом повороту $R = 444 \text{ мм}$.

					ТП - з81мп 15 003 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		72

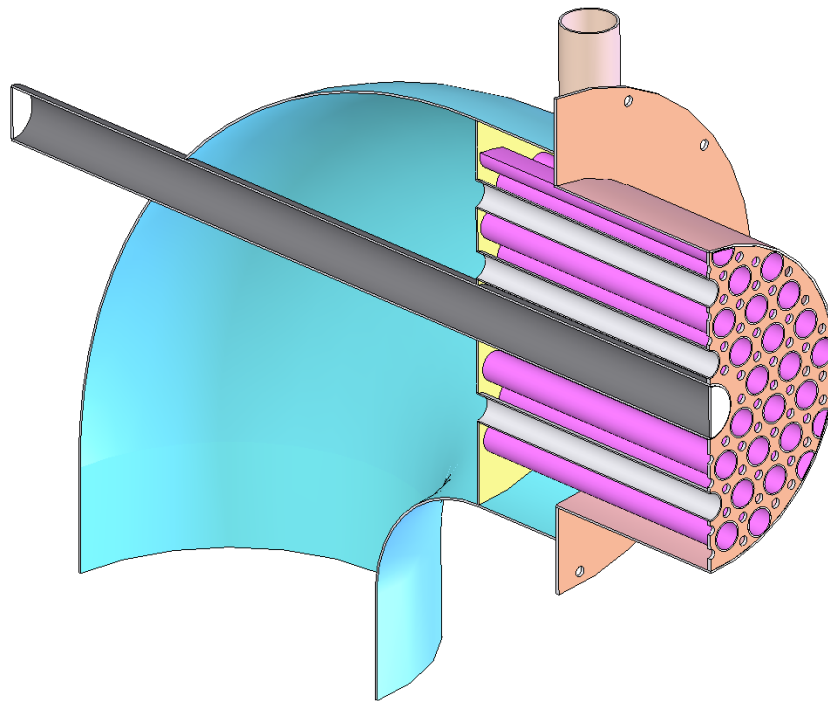


Рисунок 3.8 – Модель трубчастого пальника варіант №3 (з нормальним коліном в повітряному патрубку)

Розрахунок аеродинамічного опору трубчастого пальника третього варіанту:

- 1) Розраховуємо коефіцієнт місцевого опору повороту, який складається з місцевого опору та опору на тертя:

$$\xi_{\text{повор}} = \xi_{\text{м}} + \xi_{\text{тр}} \quad (3.14)$$

Коефіцієнт місцевого опору:

$$\xi_{\text{м}} = A_1 B_1 C_1, \quad (3.15)$$

де $A=1,0$ для куту повороту потоку $\delta = 90^\circ$,

$C_1=1,0$ для круглого перетину,

$$B_1 = 0,21 \left(\frac{R}{d_{\text{намп}}} \right)^{-2,5}, \quad (3.16)$$

$$B_1 = 0,21 \left(\frac{0,444}{0,523} \right)^{-2,5} = 0,316,$$

$$\xi_{\text{м}} = 1,0 \cdot 0,316 \cdot 1,0 = 0,316.$$

- 2) Розраховуємо коефіцієнт опору на тертя в коліні:

$$\xi_{\text{тр}} = 0,0175 \delta \lambda \frac{R}{d_{\text{намп}}}, \quad (3.17)$$

$$\xi_{тр} = 0,0175 \cdot 90 \cdot 0,013 \frac{0,444}{0,523} = 0,017$$

Коефіцієнт місцевого опору повороту

$$\xi_{повор} = 0,316 + 0,017 = 0,333$$

3) Визначаємо довжину прямих ділянок патрубку:

– $l_1 = 0,144 \text{ м}$ - довжина прямої ділянки патрубку перед поворотом;

– $l_2 = 0 \text{ м}$ - довжина прямої ділянки патрубку після повороту;

4) Розраховуємо аеродинамічний опір пальника третього варіанту:

$$\Delta P_{пальн} = (\lambda_{напр} \frac{l_1 + l_2}{d_{напр}} + \xi_{повор} + \xi_{тр}) \frac{\rho W_{напр}^2}{2}, \quad (3.18)$$

де $\lambda_{напр}$ – коефіцієнт лінійного опору патрубку; з аеродинамічного розрахунку

для першого варіанту трубчастого пальника $\lambda_{напр} = 0,013$;

$\xi_{тр}$ – коефіцієнт гідравлічних втрат трубної системи; з аеродинамічного розрахунку для

першого варіанту трубчастого пальника $\xi_{тр} = 1,584$;

$$\Delta P_{пальн} = (0,013 \frac{0,144 + 0}{0,523} + 0,333 + 1,584) \frac{1,205 \cdot 16,357^2}{2} = 309,6 \text{ Па}.$$

У табл. 3.2 заносимо результати розрахунків аеродинамічного опору по усім трьом варіантам пальників і порівнюємо їх з штатним пальником.

Таблиця 3.2 – Результати розрахунків аеродинамічного опору штатного та трьох варіантів трубчастих пальників

	Штатний пальник	Варіант №1	Варіант №2	Варіант №3
Аеродинамічний опір пальника, Па	1075,4	448,9	326,2	309,6
Зменшення аеродинамічного опору пальника в порівнянні зі штатним, %		58,3	69,7	71,2

Як видно з результатів, найменший аеродинамічний опір має пальник в третьому варіанті. Його опір менше на 71,2%, в порівнянні зі штатним пальником.

3.3 Аналіз моделювання аеродинамічних процесів у трьох пальниках трубчастого типу

Було проведено моделювання аеродинамічних процесів у трьох пальниках трубчастого типу, за якими були отримані наступні результати:

- 1) як розподіляються швидкості повітря у повздовжніх розрізах трьох варіантів пальників трубчастого типу (рис. 3.9-3.11);
- 2) як розподіляються швидкості повітря у поперечних розрізах на вході в котел трьох варіантів пальників трубчастого типу (рис. 3.12-3.14);

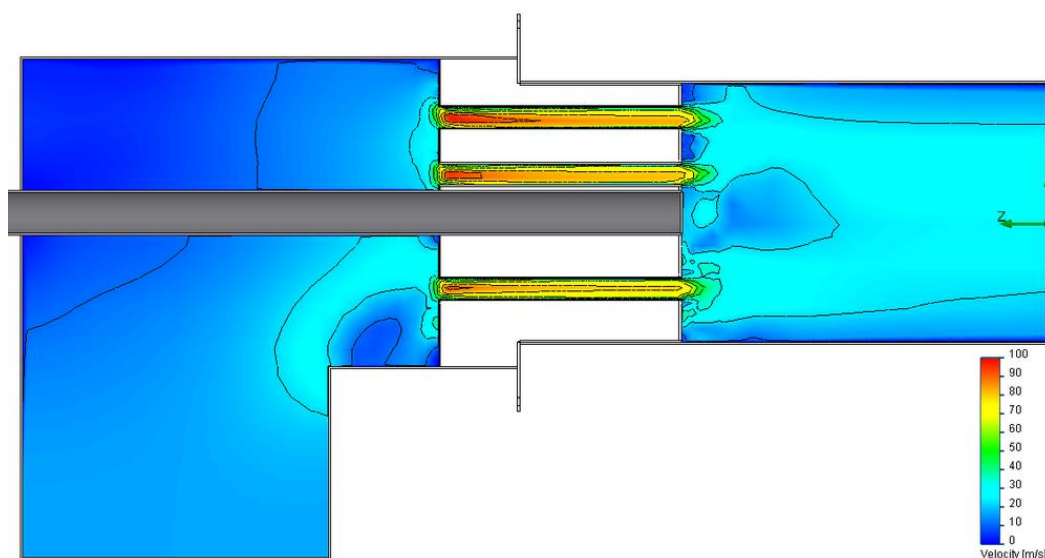


Рисунок 3.9 – Розподіл швидкостей повітря у повздовжньому розрізі в пальнику трубчастого типу варіант №1

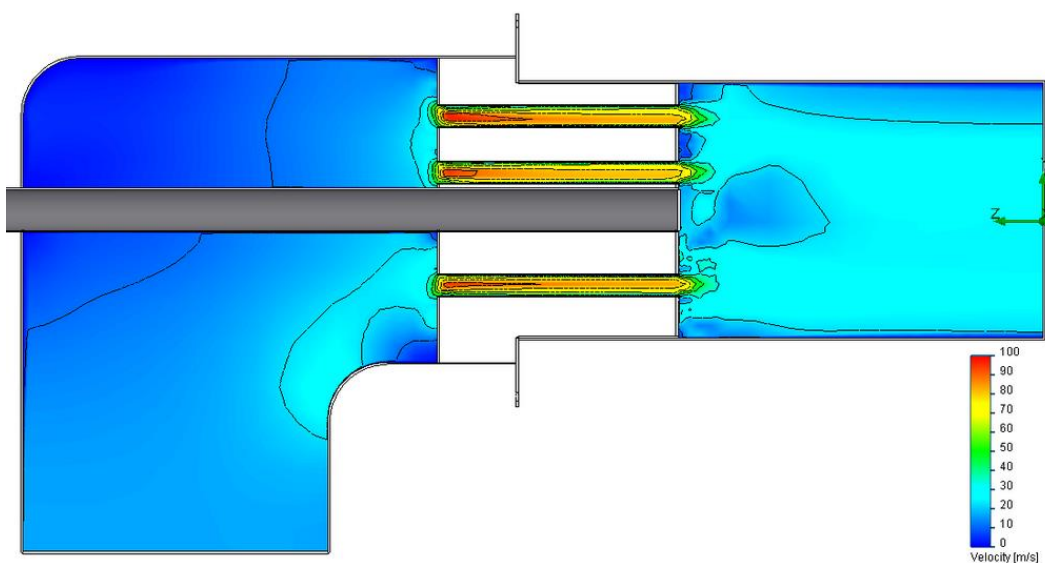


Рисунок 3.10 – Розподіл швидкостей повітря у повздовжньому розрізі в пальнику трубчастого типу варіант №2

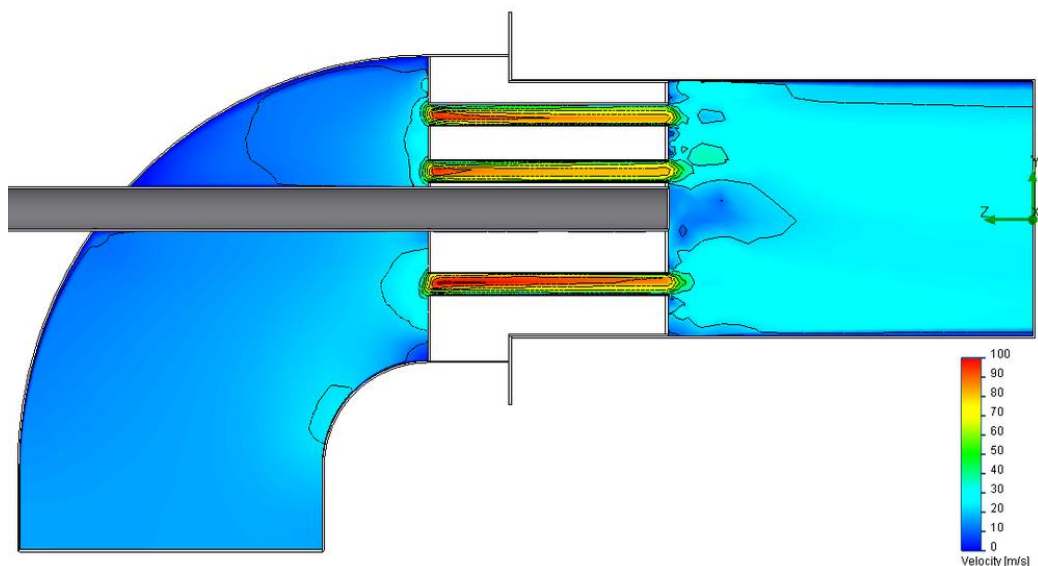


Рисунок 3.11 – Розподіл швидкостей повітря у повздовжньому розрізі
в пальнику трубчастого типу варіант №3

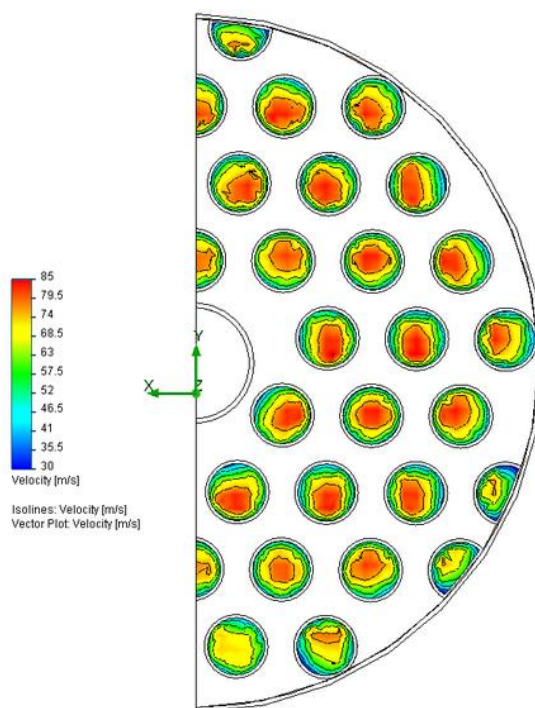


Рисунок 3.12 – Розподіл швидкостей повітря в пальнику трубчастого типу варіант №1
у поперечному розрізі на вході в котел

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ТП - з81мп 15 003 ПЗ

Арк.

76

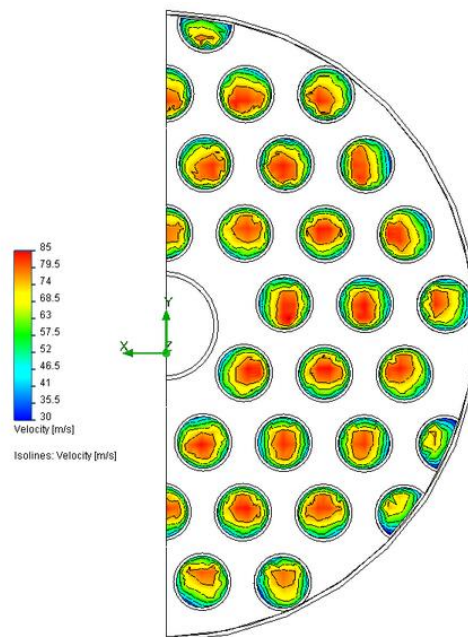


Рисунок 3.13 – Розподіл швидкостей повітря в пальнику трубчастого типу варіант №2 у поперечному розрізі на вході в котел

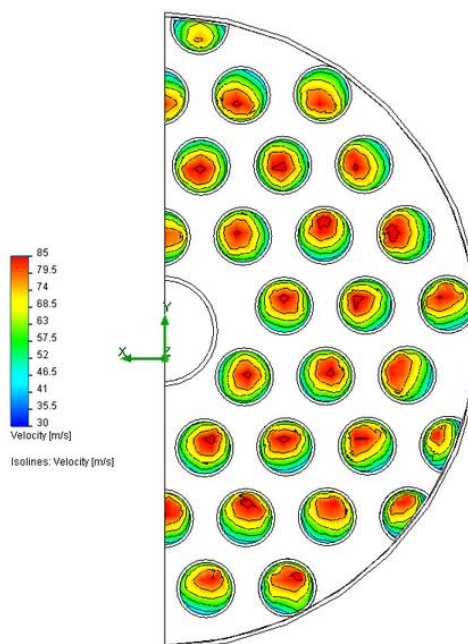


Рисунок 3.14 – Розподіл швидкостей повітря в пальнику трубчастого типу варіант №3 у поперечному розрізі на вході в котел

Були проізовані виміри середньої швидкості в трубах з найбільшою і найменшою витратою повітря для кожного варіанту та занесені до табл. 3.3.

Рівномірність розподілу повітря по трубкам пальника буде розрахована за формулою:

$$K_p = \frac{\bar{W}_{\min}}{\bar{W}_{\max}} 100\% . \quad (3.19)$$

Для трубчастого пальника варіант №1:

$$K_p = \frac{63,79}{72,33} 100\% = 88,2\% ;$$

для трубчастого пальника варіант №2:

$$K_p = \frac{63,33}{71,77} 100\% = 88,2\% ;$$

для трубчастого пальника варіант №3:

$$K_p = \frac{64,44}{67,33} 100\% = 95,7\% .$$

Таблиця 3.3 – Результати моделювання пальників трубчастого типу

Параметр	Варіант №1	Варіант №2	Варіант №3
Середня швидкість повітря на виході з трубки з найбільшою витратою повітря, м/с	72,32	71,77	67,33
Середня швидкість повітря на виході з трубки з найменшою витратою повітря, м/с	63,79	63,33	64,44
Рівномірність розподілу повітря по трубкам пальника, %	88,20%	88,20%	95,70%

Як видно з результатів, наведених у табл.3.3, рівномірність розподілу повітря у варіанті №1 та варіанті №2 менш ніж у варіанті №3. Це пояснюється утворенням віхора за внутрішніми кромками поворотів патрубків по повітря, через що в трубки нижніх рядів потрапляє менше повітря, ніж в трубки верхніх рядів.

Також були проаналізовані розподіли швидкостей повітря у поперечних розрізах від входу пальників трубчастого типу в котел на відстані 200 мм. Результати можна побачити на рисунках 3.15 – 3.17.

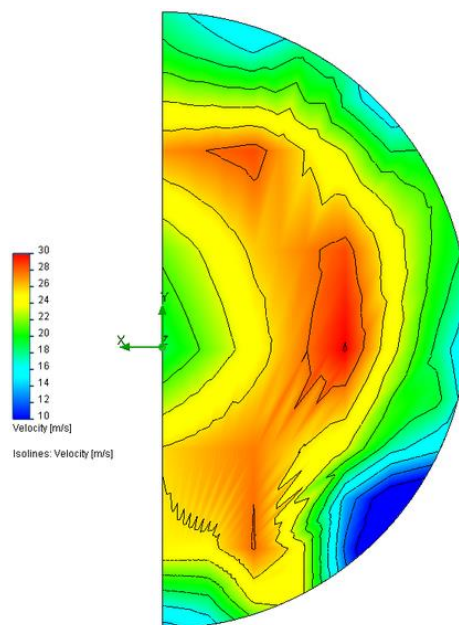


Рисунок 3.15 – Розподіл швидкостей повітря у поперечному розрізі на відстані 200 мм від входу пальника трубчастого типу варіант №1 в котел

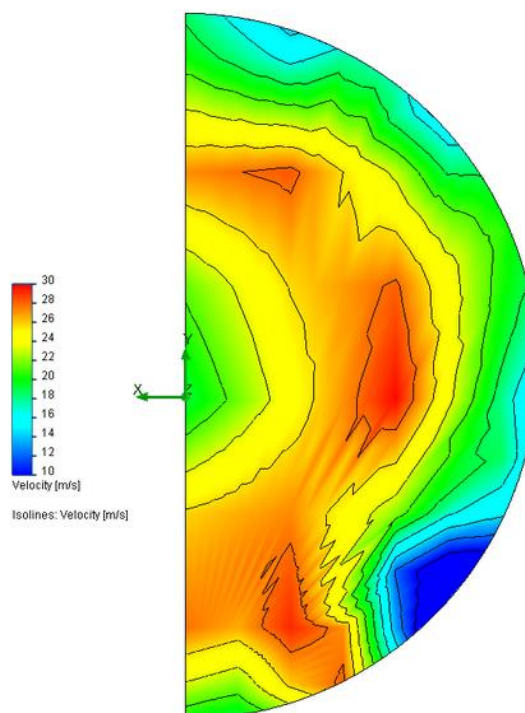


Рисунок 3.16 – Розподіл швидкостей повітря у поперечному розрізі на відстані 200 мм від входу пальника трубчастого типу варіант №2 в котел

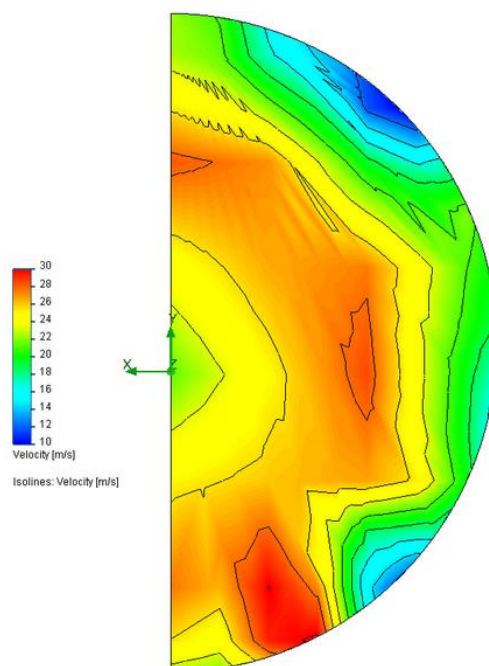


Рисунок 3.17 – Розподіл швидкостей повітря у поперечному розрізі на відстані 200 мм від входу пальника трубчастого типу варіант №3 в котел

Проаналізувавши отримані результати, можна зробити висновок, що при виготовленні патрубків за варіантом №3 має місце найменший аеродинамічний опір і найбільш рівномірний розподіл повітря по повітряним патрубкам. Ці переваги забезпечуються рівномірним розподілом швидкостей повітря на виході з пальника. Тому досягається більш рівномірне спалювання газу і рівномірний розподіл температур по всьому об'єму камери згоряння. Внаслідок чого збільшується рівномірність нагріву екранних труб котла, збільшується їх термін служби. Збільшується ККД котлоагрегату.

Виходячи з вище перерахованого робимо висновок, що варіант №3 трубчастого пальника є остаточним.

3.4 Висновки до розділу 3

В розділі були проаналізовані аеродинамічні характеристики роботи штатних пальників в системі автоматичного проектування «SolidWorks». Було розглянуто розподіл швидкостей газоповітряної суміші при роботі штатного пальника. Випробування виявили значні недоліки штатних пальників: високий аеродинамічний опір, нерівномірність поля швидкості повітря на виході з пальника, не якісне сумішеутворення, високі показники викидів шкідливих речовин в атмосферу.

У той-же системі автоматичного проектування виконали моделювання процесів у мікрофакельних пальниках, та виконали розрахунок аеродинамічного опору для трьох

					ТП - з81мп 15 003 ПЗ	Арк.
						80
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

варіантів повітряного патрубку. Проаналізувавши випробування та розрахунки зробили висновок, що пальник з найбільшим радіусом повороту має найменший опір 71%, найкращу рівномірність розподілу повітря 95,7%, що забезпечується рівномірним розподілом швидкостей повітря на виході з пальника.

					ТП - з81мп 15 003 ПЗ	Арк.
						81
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4 МОДЕРНІЗАЦІЯ ПАЛЬНИКОВОЇ СИСТЕМИ

4.1 Особливості мікрофакельного спалювання газоповітряної суміші

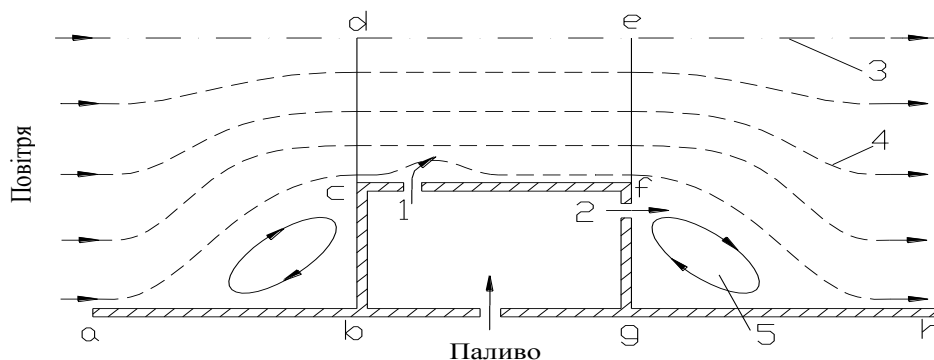
Пальникові системи парових та водогрійних котлів це складні пристрої для спалювання палива, критерії відповідності яких вже давно і чітко сформульовані, а саме:

- універсальність, як для різних видів палива, так і для можливості установки в різних топках;
- надійність;
- стабілізація фронту горіння та стійкість запалювання у широких межах;
- забезпечення сумішоутворення заданої інтенсивності, яке забезпечить завершення процесу горіння;
- забезпечення повноти згорання газу при мінімальному коефіцієнті надлишку повітря;
- відповідність енерго-екологічним критеріям;
- мінімальний аеродинамічний опір;
- простота обслуговування;
- незначні витрати на модернізацію і малий термін окупності [8].

Всім цим вимогам найбільш відповідає мікрофакельна технологія газоспалювання, тому модернізувати пальникову систему котла ПТВМ-100 пропонується саме по ній.

Основною особливістю мікрофакельної технології газоспалювання є раціональне використання аеродинамічних ефектів течії в насадку Борда, що є основним конструктивним елементом пальників мікрофакельного типу [9].

Базовим елементом мікрофакельної технології є насадка Борда (рис.4.1).

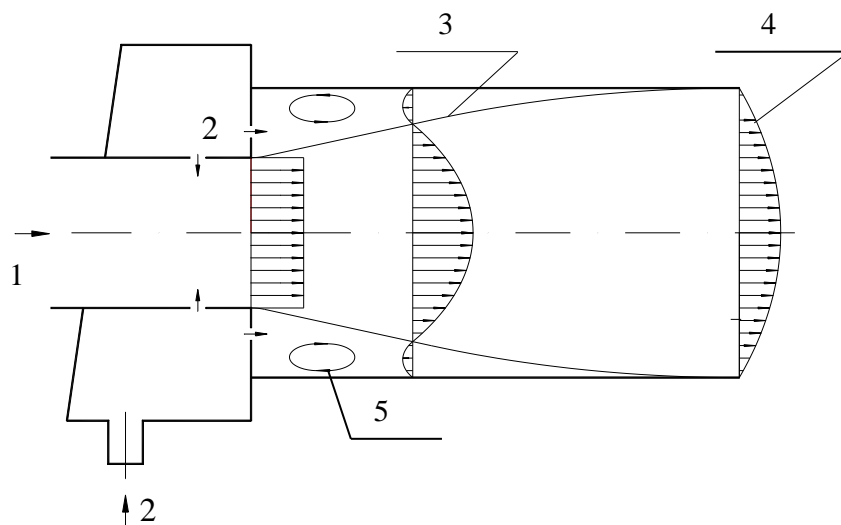


- 1 – попередня подача палива; 2 – дифузійна подача палива; 3 – вісь симетрії;
4 – лінії потоку повітря; 5 – тороїдальний вихор (стабілізатор сумішеутворення та спалювання)

Рис.4.1. Принципова схема функціонування насадки Борда

Насадка Борда найбільш мінімізує токсичність пальників за рахунок своїх аеродинамічних та гідравлічних характеристик. Це забезпечується наявністю кільцевої

циркуляційної течії (вихору-стабілізатору), яка прискорює процес сумішоутворення і стабілізує процес горіння (зона вторинних течій на рис. 4.2.).



1 – окисник; 2 – паливо; 3 – лінія нульових швидкостей; 4 – епюр швидкості; 5 – вихор-стабілізатор

Рис. 4.2. Схема мікрофакельного модуля на базі насадки Борда:

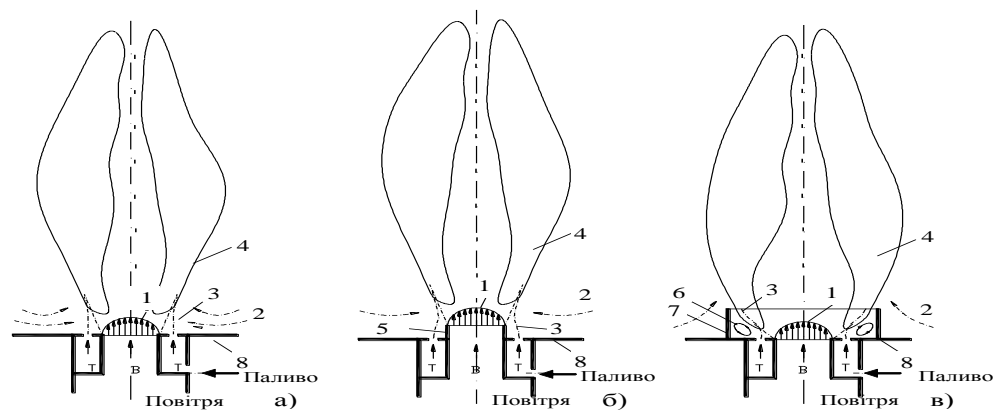
Мікрофакельні модулі, як і кутові стабілізатори і пілони, утворюють так називані регулярні паливоспалюючі системи, що додають універсальності конструкції пальників. Однак, при використанні мікрофакельних модулів у порівнянні з плоскими стабілізаторами виникає додатковий «компонувальний» ефект, що сприяє інтенсифікації тепло-масообмінних процесів.

Мікрофакельні модулі можуть бути виконані без та з внутрішнім і зовнішнім насадками (рис.2.3), є можливість подачі палива для попереднього, дифузійного та комбінованого сумішоутворення.

При використанні мікрофакельного модуля без насадка (рис.2.3) має місце сильна аерація кореня факела (за рахунок ежекції навколишнього повітря), у результаті чого факел відривається від зрізу повітряного каналу і зависає на деякій відстані від трубної дошки 8.

При наявності внутрішнього насадка (рис.4.3) рівень ежекції до кореня факела зменшується, однак відрив факела від зрізу внутрішнього насадка залишається.

У випадку застосування зовнішнього насадка (рис.4.3,в) ефект ежекції повітря до кореня факела практично зникає і при цьому реалізується додатковий ефект, у результаті дії якого істотно розширюються границі повітряного струменя в початкових перетинах факела. У цьому випадку виникають вторинні течії 6 (тороїдальні вихори) у периферійній частині зовнішнього насадка 7, що виконує функції форкамери і підвищує стійкість горіння та стабілізує факели спалювання [12].



а) – мікрофакельний модуль без насадка; б) – мікрофакельний модуль із внутрішнім насадком; в) – мікрофакельний модуль із зовнішнім насадком: 1- епюр швидкості; 2 – ежекція повітря; 3 – вісь газового струменя; 4 – область горіння; 5 – внутрішній насадок; 6 – тороїдальний вихор-стабілізатор факелу; 7 – зовнішній насадок; 8 – трубна дошка

Рис. 4.3 - Схеми розвитку дифузійних факелів у мікрофакельному модулі

Особливістю мікрофакельної технології газоспалювання є те, що при одноструменевій подачі повітря і багатоструменевій подачі палива реалізується ефект «обволакування» газовими струменями центрального повітряного струменя. У результаті інтенсивного перемішування в прикордонному шарі повітряного струменя виникають сминаючі локальні дифузійні факели, що утворюють практично однорідну інтегральну систему факелів [10].

При багатомодульному виконанні пальників відсутня необхідність в установці на кожному модулі зовнішнього насадка, тому що в цьому випадку існує природна зона розділу між сусідніми модулями, яка виконує усі позитивні функції зовнішнього насадка.

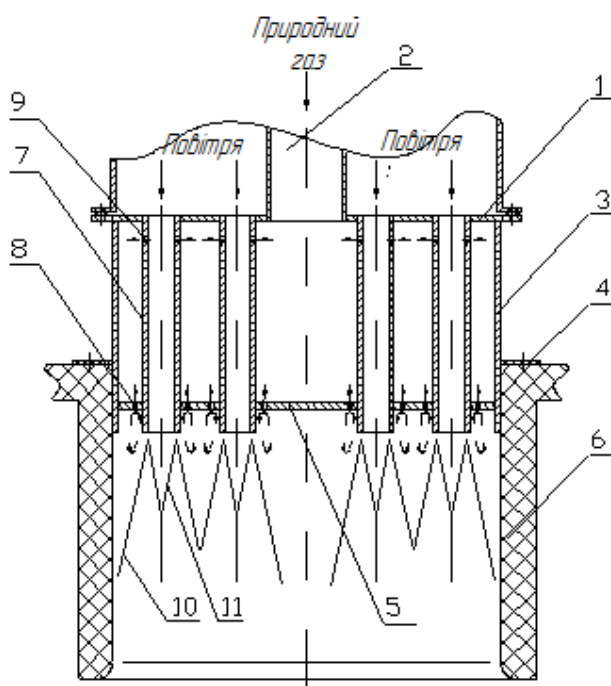
Однією з особливих властивостей факельних систем на базі мікрофакельних модулів є їх конструктивна та технологічна простота в поєднанні з можливістю застосування різних методів сумішоутворення в тому числі: дифузійного, попереднього та комбінованого.

При дифузійному змішуванні палива й повітря (елементи ТМД) сумішоутворення може відбуватися як по класичній схемі коаксіальних струменів (центральный повітряний – периферійний (кільцевий) газовий), так і по методу дотичних струменів (коли навколо центрального повітряного струменя розвивається система газових струменів меншого діаметру, що розташовані на торцевій поверхні f – g (рис.4.1). В обох випадках схема підводу палива адекватно вписується в зону максимальної турбулентності течії. Крім того, в цьому випадку відбувається додаткова турбулізація прикореневої зони за рахунок витікання

газових струменів через отвори на торцевій стінці f-g каналу насадки Борда (рис.4.1), що сприяє стабілізації полум'я та факелів у зоні спалювання.

4.2 Особливості конструкції мікропальників

На основі наукових досліджень і розробок з урахуванням сучасних вимог щодо процесів спалювання газоподібного палива в НТУУ «КПІ» в науково-технічному центрі «Екотехнології та технології енергозбереження» створена нова вітчизняна високоефективна і екологічно безпечна універсальна технологія спалювання будь-яких газоподібних палив (природний газ, біогаз, газ-метан і тому подібне), яка дістала назву трубчастою у зв'язку з тим, що основним елементом в ній виступає трубчастий модуль (рис. 4.4) [10].



1 – передня трубна дошка; 2 – патрубок подачі природного газу; 3 – корпус пальника; 4 – фланець; 5 – задня трубна дошка; 6 – вогнетривкий тунель (або жарова труба); 7 – повітряні трубки; 8 і 9 – отвори для подачі газу; 10 – границя струменя; 11 – ядро струменя.

Рисунок 4.4 – Схема пальника на базі трубчастих модулів

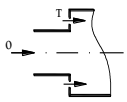
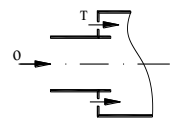
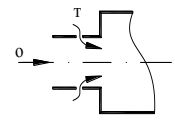

Розроблений трубчастий модуль має аеродинамічний опір практично однакового рівня з конічними елементами і плоскими стабілізаторами і трохи перевищує рівень опору плоского модуля (чи пілона) із закругленим входом і самого насадка Борда [11].

Крім значного меншого аеродинамічного опору, можна виділити наступні переваги трубчатих модулів:

- можливість використання як ізолюваного модуля, так і системи трубчастих модулів, сполучених паралельно в загальній трубній дощці з визначеним кроком;
- можливість використання не тільки різних схем подачі палива (дифузійної, попередньої і комбінований), але і додаткових конструктивних впливів на умови розвитку факела.

Розроблено і випробувано чотири основні види трубчастих модулів (табл. 4.1), використання яких у пристроях пальників різного типу дозволили істотно понизити емісію шкідливих речовин (оксидів азоту і вуглецю) за рахунок: комбінованого сумішоутворення - на 20÷30%; стадійного горіння – на 20÷30%; прямоочності (зниження часу знаходження суміші в зоні горіння) – на 20%.

Таблиця 4.1 – Основні типи трубчастих модулів

Тип модуля	Особливості утворення суміші	Конфігурація модуля
ТМД	Дифузійне без внутрішньої насадки	
ТМДН	Дифузійне із внутрішньою насадкою	
ТМП	Попереднє без внутрішньої насадки	
ТМК	Комбіноване	

Процес спалювання газоподібного палива за своїми аеродинамічними та екологічними показниками з використанням трубчастих модулів є уніфікованим та застосовним для багатьох теплоагрегатів [12,13].

Для реконструкції котла ПТВМ-100, краще використовувати модулі ТМД. Модулі ТМДН, ТМП та ТМК характеризуються значно коротшим факелом в порівнянні з ТМД. Вони більш отримали застосування у газотурбінній техніці. При використанні цих модулів в котлах, буде спостерігатися перегрівів екранних труб, завдяки значно меншому коефіцієнту надлишку повітря і як слід більшій температурі факела. Крім того виробництво модулів ТМД значно дешевше.

4.3 Техніко-екологічні особливості роботи мікрофакільних пальників у складі котла

З метою перевірки на адекватність створеної математичної моделі у програмному середовищі Solid Works при дослідженні аеродинамічних та сумішоутворювальних процесів на котлоагрегаті ПТВМ-100 були проведені заміри швидкості повітря на вході у штатний пальник. Отримані дані з властивостей вентиляторів наведено у табл.4.1 та використані у розрахунках на математичній моделі пальника у топці котла.

Таблиця 4.2 – Результати замірів швидкості повітря у вхідному повітряному трактив вентиляторів штатних пальників

Порядковий номер вентилятора	Швидкість повітря в перерізі, м/с	Витрата повітря*, м ³ /с	Витрата повітря*, м ³ /год
1	21,7	3,451236	12424,45
2	21,4	3,403523	12252,68
3	24	3,817035	13741,33
4	12,7	2,019848	7271,452
5	15	2,385647	8588,329
6	20,3	3,228576	11622,87
7	25,7	4,087408	14714,67
8	18,4	2,926394	10535,02
9	19,4	3,085437	11107,57
10	12,9	2,051656	7385,963
11	15,2	2,417456	8702,84
12	22,6	3,594375	12939,75

* розрахунок проводився при діаметрі вхідного отвору повітряного тракту рівному $d=0,45\text{м}$.

4.3.1 Методологія визначення екологічних показників

Виміри і розрахунки концентрації шкідливих речовин проводилися відповідно до рекомендацій [Викиди забруднюючих речовин в атмосферу від енергетичних установок. Методика визначення, ГКД 34.02.305-2002]

Масова концентрація оксидів азоту (оксидів вуглецю) в відхідних газах при коефіцієнті надлишку повітря рівному одиниці, визначається за формулою, мг/м^3 :

$$C_{\alpha=1} = C \cdot h \quad (4.1)$$

де: C - масова концентрація оксидів азоту (оксидів вуглецю), мг/м^3 ;

h - коефіцієнт розбавлення;

4.3.2. Питомі викиди оксидів азоту (оксидів вуглецю), мг/кВт год визначаються за формулою:

					ТП - 381мп 15 003 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		87

$$b = \frac{3,6 \cdot C_{\alpha=1} \cdot (100 - q_4)}{L \cdot \eta} ; \quad (4.2)$$

де: η – ККД котла, %;

q_4 - втрати тепла з механічним недопалом;

L - нижча теплота згоряння палива, віднесена до обсягу сухих продуктів згоряння, МДж/м³.

4.3.3 Визначення секундного викиду, г/с:

$$M_c = \frac{b \cdot Q_k}{3600} ; \quad (4.3)$$

де: b - питомий викид шкідливої речовини на 1 Гкал тепла;

Q_k - теплопродуктивність котла, Гкал/год.

Було проведено випробування роботи котлоагрегату ПТВМ-100 на 6 пальникових пристроях штатного типу. Були заміряні наступні значення величин (табл.4.3).

Таблиця. 4.3 – Середні значення заміряних величин при випробуванні роботи водогрійного котлоагрегату на 6 пальникових пристроях штатного типу

Найменування величин	Позначення	Одиниця	Значення
1	2	3	4
І ПАЛИВО - ГАЗ			
1 Витрата газу на котел (по приладу)	V_2	м ³ /год	7500
2 Кількість працюючих пальників	n	шт	6
3 Тиск газу за РК (на котел)	P_2 за РК	кг/см ²	0,2
ІІ МЕРЕЖНА ВОДА			
4 Витрата мережної води через котел	$D_{м.в.}$	т/год	3850
5 Температура м.в. на вході в котел	$T'_{м.в.}$	°С	47,0
6 Температура м.в. на виході з котла	$T''_{м.в.}$	°С	60,0
ІІІ ПОВІТРЯ І ДИМОВІ ГАЗИ			
7 Температура зовнішнього повітря	$T_{зн}$	°С	7,0
8 Температура холодного повітря	$T_{хп}$	°С	9,0
9 Розрідження зверху топки котла	S_m	кг/м ²	5,0
10 Температура відхідних газів	$T_{вг}$	°С	65

Продовження таблиці 4.3

1	2	3	4
IV ГАЗОВИЙ АНАЛІЗ			
11 RO2 в відхідних газах	RO_2''	%	7,77
12 O2 в відхідних газах	O_2''	%	7,7
13 CO в відхідних газах	CO''	мг/м ³	0,0
14 Надлишок повітря в відхідних газах	α в ₂	-	1,518
15 NOx в відхідних газах	NO_x	мг/м ³	124

В результаті проведених розрахунків отримані наступні характеристики роботи котлоагрегату на паликових пристроях штатного типу (табл. 4.4).

Таблиця 4.4 – Середні значення розрахованих величин при випробуванні роботи водогрійного котлоагрегату на 6 паликових пристроях штатного типу

Найменування величин	Позначення	Одиниця	Значення
I ЕНЕРГО-ЕКОНОМІЧНІ ПОКАЗНИКИ			
1 Теплонавантаження котла	$Q_{ка}^{бp}$	Гкал/год	51,0
2 Втрата тепла з відхідними газами	q_2	%	4,587
3 Втрата тепла від хімічного допалу	q_3	%	0,000
4 Втрата тепла в навкол. середовище	q_5	%	0,05
5 ККД котла "брутто"	$\eta_{ка}$	%	95,363
6 Питома витрата умовного палива	$b_{ум}$	кг уп/Гкал	149,80
7 Витрата палива по зворот. балансу	V_2	м ³ /год	6417,560
II ЕКОЛОГІЧНІ ПОКАЗНИКИ			
8 Масова концентрація NOx при h=1	$C_{h=1}NO_x$	мг/м ³	203,3
9 Масова концентрація CO при h=1	$C_{h=1}CO$	мг/м ³	0,00
10 Питомий викид NOx	bNO_x	г/Гкал	210,5
11 Питомий викид CO	bCO	г/Гкал	0,000
12 Секундний викид NOx	$M NO_x$	г/с	2,980
13 Секундний викид CO	$M CO$	г/с	0,00

Як видно з розрахунків, теплова продуктивність котлоагрегату при його роботі на 6 пальникових пристроях складає 51 Гкал/год, тому для більш повного порівняння роботи котлоагрегату на пальникових пристроях штатного типу з його роботою на пальникових пристроях трубчастого типу було вирішено дослідити роботу котлоагрегату на 8 пальникових пристроях штатного типу.

Було проведено випробування роботи на 8 пальникових пристроях штатного типу, заміряні значення величин наведено у табл.4.5.

Таблиця 4.5 – Середні значення заміряних величин при випробуванні роботи водогрійного котлоагрегату на 8 пальникових пристроях штатного типу

Найменування величин	Позначення	Одиниця	Значення
І ПАЛИВО - ГАЗ			
1.Витрата газу на котел (по приладу)	$V_{\text{г}}$	м ³ /год	7500
2.Кількість працюючих пальників	n	шт	8
3.Тиск газу за РК (на котел)	$P_{\text{г}}$ за РК	кг/см ²	0,2
II МЕРЕЖНА ВОДА			
4.Витрата мережної води через котел	$D_{\text{м.в.}}$	т/год	3850
5.Температура м.в. на вході в котел	$T'_{\text{м.в.}}$	°С	74,0
6.Температура м.в. на виході з котла	$T''_{\text{м.в.}}$	°С	90,0
III ПОВІТРЯ І ДИМОВІ ГАЗИ			
7.Температура зовнішнього повітря	$T_{\text{зн}}$	°С	5,0
8.Температура холодного повітря	$T_{\text{хп}}$	°С	7,0
9.Розрідження зверху топки котла	$S_{\text{т}}$	кг/м ²	5,0
10.Температура відхідних газів	$T_{\text{вг}}$	°С	90
IV ГАЗОВИЙ АНАЛІЗ			
11.RO2 в відхідних газах	$RO2''$	%	10,07
12.O2 в відхідних газах	$O2''$	%	3,4
13.CO в відхідних газах	CO''	мг/м ³	28,0
14.Надлишок повітря в відхідних газах	$\alpha_{\text{вг}}$	-	1,172
15.NOx в відхідних газах	NOx	мг/м ³	173

В результаті проведених розрахунків отриманні наступні характеристики роботи котлоагрегату ПТВМ-100 на 8 пальникових пристроях штатного типу (табл. 4.6).

Таблиця 4.6 – Середні значення розрахованих величин при випробуванні роботи водогрійного котлоагрегату ПТВМ-100 на ТЕЦ-4, на 8 пальникових пристроях штатного типу.

Найменування величин	Позначення	Одиниця	Значення
I ЕНЕРГО-ЕКОНОМІЧНІ ПОКАЗНИКИ			
1.Теплонавантаження котла	$Q_{ка}^{бр}$	Гкал/год	62,7
2.Втрата тепла з відхідними газами	q_2	%	3,774
3.Втрата тепла від хімедопалу	q_3	%	0,008
4.Втрата тепла в навкол. середовище	q_5	%	0,05
5.ККД котла "брутто"	$\eta_{ка}$	%	96,168
6.Питома витрата умовного палива	$b_{ум}$	кг уп/Гкал	148,55
7.Витрата палива по зворот. балансу	V_2	м ³ /год	7947,705
II ЕКОЛОГІЧНІ ПОКАЗНИКИ			
8.Масова концентрація NOx при h=1	$C_{h=1}NOx$	мг/м ³	212,9
9.Масова концентрація CO при h=1	$C_{h=1}CO$	мг/м ³	34,46
10.Питомий викид NOx	$B NOx$	г/Гкал	221,8
11.Питомий викид CO	$B CO$	г/Гкал	35,899
12.Секундний викид NOx	$M NOx$	г/с	3,865
13.Секундний викид CO	$M CO$	г/с	0,63

Було проведено випробування роботи котлоагрегату на 6 пальникових пристроях мікрофакельного типу ГПТТ-9. Були заміряні наступні значення величин (табл.4.7).

Таблиця 4.7 – Середні значення заміряних величин при випробуванні роботи водогрійного котлоагрегату ПТВМ-100 на ТЕЦ-4, на 6 пальникових пристроях мікрофакельного типу ГПТТ-9

Найменування величин	Позначення	Одиниця	Значення
І ПАЛИВО - ГАЗ			
1.Витрата газу на котел (по приладу)	V_2	м ³ /год	7500
2.Кількість працюючих пальників	n	шт	6
3.Тиск газу за РК (на котел)	P_2 за РК	кг/см ²	0,2
ІІ МЕРЕЖНА ВОДА			
4.Витрата мережної води через котел	$D_{м.в.}$	т/год	3850
5.Температура м.в. на вході в котел	$T'_{м.в.}$	°С	75,0
6.Температура м.в. на виході з котла	$T''_{м.в.}$	°С	89,0
ІІІ ПОВІТРЯ І ДИМОВІ ГАЗИ			
7.Температура зовнішнього повітря	$T_{зн}$	°С	5,0
8.Температура холодного повітря	$T_{хп}$	°С	7,0
9.Розрідження зверху топки котла	S_m	кг/м ²	5,0
10.Температура відхідних газів	$T_{вг}$	°С	86
ІV ГАЗОВИЙ АНАЛІЗ			
11.RO ₂ в відхідних газах	RO_2''	%	10,85
12.O ₂ в відхідних газах	O_2''	%	1,9
13.CO в відхідних газах	CO''	мг/м ³	0,0
14.Надлишок повітря в відхідних газах	$\alpha_{вг}$	-	1,088
15.NO _x в відхідних газах	NO_x	мг/м ³	161

В результаті проведених розрахунків отриманні наступні характеристики роботи котлоагрегату на 8 пальникових пристроях мікрофакельного типу ГПТТ-9 (табл.4.8).

Таблиця 4.8 – Середні значення розрахованих величин при випробуванні роботи водогрійного котлоагрегату на 8 пальникових пристроях мікрофакельного типу ГПТТ-9

Найменування величин	Позначення	Одиниця	Значення
І ЕНЕРГО-ЕКОНОМІЧНІ ПОКАЗНИКИ			
1 Теплонавантаження котла	$Q_{ка}^{бр}$	Гкал/год	54,7
2 Втрата тепла з відхідними газами	q_2	%	3,331
3 Втрата тепла від хімнедопалу	q_3	%	0,000
4 Втрата тепла в навкол. середовище	q_5	%	0,05
5 ККД котла "брутто"	$\eta_{ка}$	%	96,639
6 Питома витрата умовного палива	$b_{ум}$	кг уп/Гкал	147,83
7 Витрата палива по зворот. балансу	V_z	м ³ /год	6897,518
ІІ ЕКОЛОГІЧНІ ПОКАЗНИКИ			
8 Масова концентрація NOx при h=1	$C_{h=1}NOx$	мг/м ³	182,6
9 Масова концентрація CO при h=1	$C_{h=1}CO$	мг/м ³	0,00
10 Питомий викид NOx	$B NOx$	г/Гкал	189,4
11 Питомий викид CO	$B CO$	г/Гкал	0,000
12 Секундний викид NOx	$M NOx$	г/с	2,877
13 Секундний викид CO	$M CO$	г/с	0,00

Розрахуємо потужність одного пальника штатного та мікрофакельного типів при роботі на котлоагрегаті за формулою, Гкал/год:

$$Q_{пальн} = Q_{кабр} / n_{пальн} \quad (4.4)$$

Потужність одного штатного пальника при роботі котлоагрегату на 6 пальниках штатного типу:

$$Q_{пальн} = 51/6 = 8,5 \text{ Гкал/год.} \quad (4.5)$$

Потужність одного штатного пальника при роботі котлоагрегату на 8 пальниках штатного типу:

$$Q_{пальн} = 62,7/8 = 7,84 \text{ Гкал/год.} \quad (4.6)$$

Потужність одного пальника ГПТТ-9 при роботі котлоагрегату на 6 пальниках мікрофакельного типу:

$$Q_{пальн} = 54,7/6 = 9,12 \text{ Гкал/год.} \quad (4.7)$$

					ТП - 381мп 15 003 ПЗ	Арк.
						93
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Отримані дані зведемо у табл. 4.9 та представимо у вигляді діаграм (рис.4.5-4.8).

Таблиця. 4.9 – Середні значення розрахованих величин при випробуванні роботи водогрійного котлоагрегату, на палиникових пристроях штатного та мікрофакельного типу

Найменування величин	Позна- чення	Одиниця	Значення		
			6 штатних пальників	8 штатних пальників	6 мікро- факельних пальників
І ЕНЕРГО-ЕКОНОМІЧНІ ПОКАЗНИКИ					
1.Теплонавантаження котла	$Q_{ка}^{бр}$	Гкал/год	51,0	62,7	54,7
2.Втрата тепла з відхідними газами	q_2	%	4,587	3,774	3,331
3.Потужність одного пальника		Гкал/год	8,5	7,84	9,12
4.Втрата тепла від хімнедопалу	q_3	%	0,000	0,008	0,000
5.Втрата тепла в навкол. середовище	q_5	%	0,05	0,05	0,05
6.ККД котла "брутто"	$\eta_{ка}$	%	95,363	96,168	96,639
7.Питома витрата умовного палива	$b_{ум}$	кг уп/Гкал	149,80	148,55	147,83
8.Витрата палива по зворот. балансу	V_2	м³/год	6417,560	7947,705	6897,518
ІІ ЕКОЛОГІЧНІ ПОКАЗНИКИ					
9.Масова концентрація NOx при h=1	$C_{h=1}NOx$	мг/м³	203,3	212,9	182,6
10.Масова концентрація CO при h=1	$C_{h=1}CO$	мг/м³	0,00	34,46	0,00
11.Питомий викид NOx	$B NOx$	г/Гкал	210,5	221,8	189,4
12.Питомий викид CO	$B CO$	г/Гкал	0,000	35,899	0,000
13.Секундний викид NOx	$M NOx$	г/с	2,980	3,865	2,877
14.Секундний викид CO	$M CO$	г/с	0,00	0,63	0,00

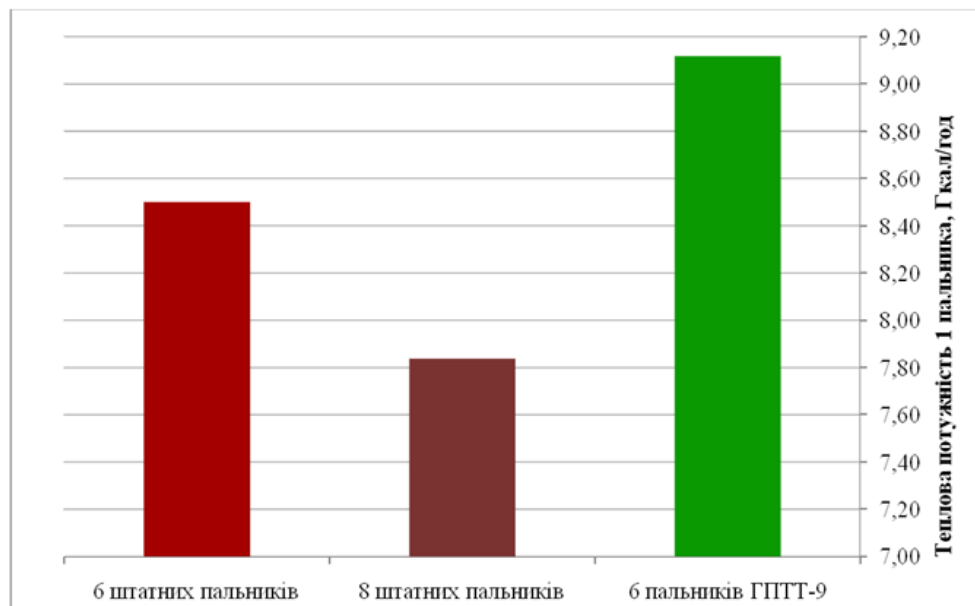


Рисунок 4.5 – Теплова потужність 1 пальника штатного та трубчастого типу котлоагрегату при його роботі на пальниках штатного та мікрофакельного типів.

Як видно з розрахунків, потужність штатних пальників менша за необхідну (9 Гкал/год) на 5% при роботі на 6 штатних пальниках та на 13% при роботі на 8 штатних пальниках. Потужність пальника ГПТТ-9 навіть на 1% перевищує необхідну потужність для пальникового пристрою котлоагрегату.

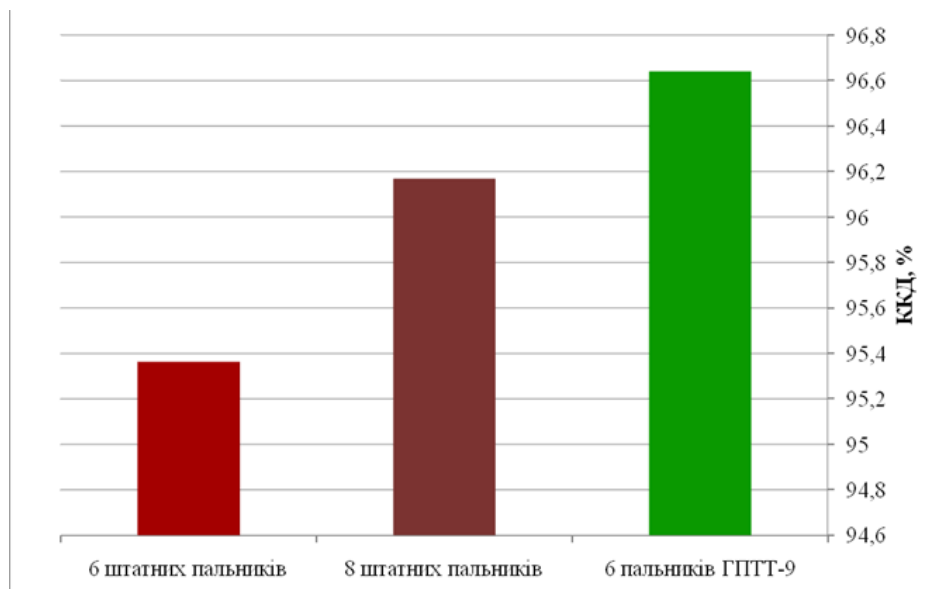


Рисунок 4.6 – Порівняння ККД котлоагрегату при його роботі на пальниках штатного та мікрофакельного типів.

ККД котлоагрегату при його роботі на 6 пальниках ГПТТ-9 на 1,28% більше, ніж при роботі котлоагрегату на 6 пальниках штатного типу та на 0,47% більше, ніж при роботі котлоагрегату на 8 пальниках штатного типу (рис. 4.6).

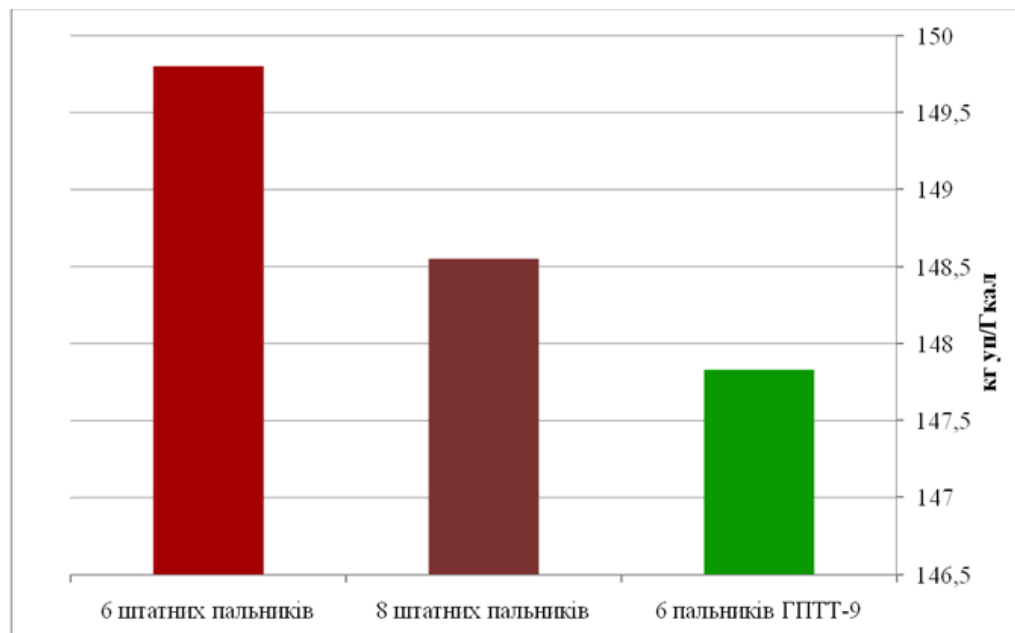


Рис. 4.7 – Порівняння витрати умовного палива на котлоагрегат при його роботі на пальниках штатного та мікрофакельного типів.

Витрати умовного палива на котлоагрегат при його роботі на 6 пальниках ГПТТ-9 на 1,97 кг уп/Гкал менше, ніж при роботі котлоагрегату на 6 пальниках штатного типу та на 0,72 кг уп/Гкал менше, ніж при роботі котлоагрегату на 8 пальниках штатного типу (рис. 4.7).

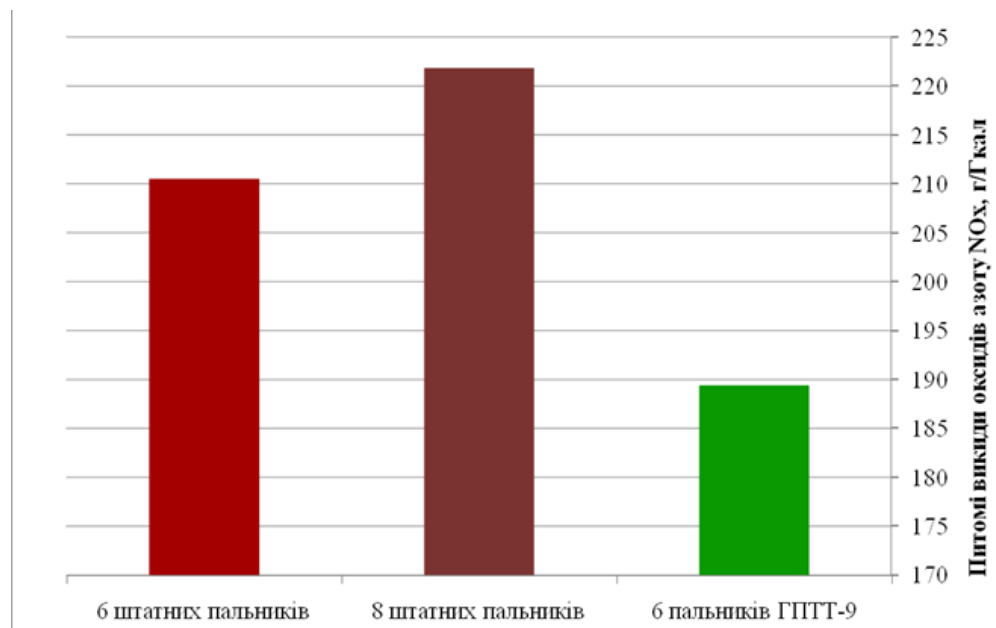


Рисунок 4.8 – Порівняння питомих викидів оксидів азоту NOx котлоагрегатом при його роботі на пальниках штатного та мікрофакельного типів.

Питомі викиди оксидів азоту NO_x котлоагрегатом при його роботі на 6 пальниках ГПТТ-9 на 21,1 г/Гкал менше, ніж при роботі котлоагрегату на 6 пальниках штатного типу та на 32,4 г/Гкал менше, ніж при роботі котлоагрегату на 8 пальниках штатного типу (рис. 2.4).

Питомі викиди оксидів вуглецю CO котлоагрегатом при його роботі на 6 пальниках ГПТТ-9 відсутні, як і при роботі котлоагрегату на 6 пальниках штатного типу та на 36 г/Гкал менше, ніж при роботі котлоагрегату на 8 пальниках штатного типу.

4.3. Розрахунок економічного ефекту

Згідно отриманих даних питома витрата умовного палива при роботі котлоагрегату на пальникових пристроях мікрофакельного типу менше від аналогічного значення при роботі на штатних пальникових пристроях при тій самій потужності одного пальника [14].

$$b_{ек}^{y.n.} = 1,97 \frac{\text{кг у.п.}}{\text{Гкал}}. \quad (4.8)$$

Економія питомої об'ємної витрати газу:

$$V_{ек}^{газу} = b_{ек}^{y.n.} \cdot \frac{7000}{8000}, \text{ м}^3/\text{Гкал} \quad (4.9)$$

де 7000 – нижча теплота згоряння умовного палива, ккал/кг у.п.;
8000 – нижча теплота згоряння газу, що спалюється, ккал/м³.

$$V_{ек}^{газу} = 1,97 \cdot \frac{7000}{8000} = 1,72 \frac{\text{м}^3}{\text{Гкал}}. \quad (4.10)$$

Потужність одного пальникового пристрою згідно паспортних даних

$$Q_{пальника} = 9 \text{ Гкал/год}. \quad (4.11)$$

Кількість енергії у формі теплоти, виробленої за опалювальний сезон одним пальниковим пристроєм:

$$N_{пальника}^{вир} = Q_{пальника} \cdot n_0 \cdot 24, \frac{\text{Гкал}}{\text{оп.сезон}} \quad (4.12)$$

де $n_0 = 187$ діб – кількість днів у опалювальному сезоні для м. Києва.

$$N_{пальника}^{вир} = 9 \cdot 187 \cdot 24 = 40,4 \cdot 10^3 \frac{\text{Гкал}}{\text{оп.сезон}} \quad (4.13)$$

Кількість газу, заощадженого від використання трубчастої технології спалювання газу:

$$\Delta V_{ек}^{газу} = N_{пальника}^{вир} \cdot V_{ек}^{газу} \cdot 10^{-3}, \text{ тис. м}^3 \quad (4.14)$$

$$\Delta V_{ек}^{газу} = 40,4 \cdot 10^3 \cdot 1,72 \cdot 10^{-3} = 67,87 \text{ тис. м}^3$$

					ТП - 381мп 15 003 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		97

Вартість газу для промислових та комунальних підприємств складає:

$$C_{газу}^{пром} = 4687,42 \frac{\text{грн}}{\text{тис.м}^3}.$$

Економія від використання трубчастої технології спалювання газу:

$$E = C_{газу}^{пром} \cdot \Delta V_{ек}^{газу}, \frac{\text{грн}}{\text{оп.сезон}} \quad (4.15)$$

$$E = 4687,42 \cdot 67,87 = 318135 \frac{\text{грн}}{\text{оп.сезон}}.$$

Таким чином, економічний ефект від використання 1 пальника ГПТТ-9 складає 318 135 грн за опалювальний сезон.

Висновки

В результаті проведених вимірювань та розрахунків показників роботи котлоагрегату ПТВМ-100 при його роботі на пальникових пристроях штатного та мікрофакельного типів було кількісно оцінено позитивний ефект від переоснащення котлоагрегату ПТВМ-100 з використанням пальникових пристроїв ГПТТ-9:

- потужність пальника ГПТТ-9 на 1% перевищує необхідну потужність для пальникового пристрою котлоагрегату ПТВМ-100 (9 Гкал/год); тоді як потужність штатних пальників менша за необхідну на 5% при роботі на 6 штатних пальниках та на 13% при роботі на 8 штатних пальниках;

- ККД котлоагрегату ПТВМ-100 при його роботі на 6 пальниках ГПТТ-9 на 1,28% більше, ніж при роботі котлоагрегату на 6 пальниках штатного типу та на 0,47% більше, ніж при роботі котлоагрегату на 8 пальниках штатного типу;

- витрати умовного палива на котлоагрегат ПТВМ-100 при його роботі на 6 пальниках ГПТТ-9 на 1,97 кг уп/Гкал менше, ніж при роботі котлоагрегату на 6 пальниках штатного типу та на 0,72 кг уп/Гкал менше, ніж при роботі котлоагрегату на 8 пальниках штатного типу;

- питомі викиди оксидів азоту NO_x котлоагрегатом ПТВМ-100 при його роботі на 6 пальниках ГПТТ-9 на 21,1 г/Гкал менше, ніж при роботі котлоагрегату на 6 пальниках штатного типу та на 32,4 г/Гкал менше, ніж при роботі котлоагрегату на 8 пальниках штатного типу.

- питомі викиди оксидів вуглецю CO котлоагрегатом ПТВМ-100 при його роботі на 6 пальниках ГПТТ-9 відсутні, як і при роботі котлоагрегату на 6 пальниках штатного типу та на 36 г/Гкал менше, ніж при роботі котлоагрегату на 8 пальниках штатного типу.

- економічний ефект від використання 1 пальника ГПТТ-9 складає 318 135 грн за опалювальний сезон.

					ТП - 381мп 15 003 ПЗ	Арк.
						98
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Більш повний ефект від використання пальникових пристроїв ГПТТ-9 буде досягнуто при заміні всіх пальників.

Враховуючи результати іспитів на котлі пальників мікрофакельного типу необхідно додати, що потрібні у перспективі додаткові дослідження режимів експлуатації котла з одночасним використанням пальників нового мікрофакельного типу та пальників штатного типу для з'ясування умов їх спільної роботи [14].

4.4 Висновки до розділу 4

В розділі розглянути особливості мікрофакельного спалювання газоповітряної суміші, сформульовані критерії їх відповідності, яким найбільш відповідає мікрофакельна технологія.

Описані особливості конструкції мікропальників. Порівняні чотири мікрофакельні модулі, за результатами рекомендований до використання модуль ТМД.

Техніко-екологічні особливості роботи мікрофакельних пальників у складі котла перевірені на адекватність за допомогою програмного середовища Solid Works.

Розглянута методологія визначення екологічних показників. За результатами досліджень та розрахунків зроблені висновки про явну перевагу пальника ГПТТ-9 над штатним пальником.

Використання мікрофакельного пальника призведе до підвищення ККД, зменшення витрат умовного палива, зменшення питомих викидів оксидів азоту NOx, повної відсутності або суттєвому зменшенню викидів оксидів вуглецю CO.

					ТП - 381мп 15 003 ПЗ	Арк.
						99
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5 ОХОРА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

В даному розділі запропоновані технічні рішення з безпеки експлуатації устаткування котельні, технічні рішення та організаційні заходи з гігієни праці й виробничої санітарії, також розглянуті питання з безпеки надзвичайних ситуацій.

Охорона праці - це система соціально-економічних, правових, технічних, гігієнічних та організаційних мір, забезпечуючих безпеку, охорону здоров'я людини у процесі праці.

Одним з найважливіших державних завдань є охорона життя і здоров'я громадян в процесі їх трудової діяльності, створення безпечних і нешкідливих умов роботи. Згідно законодавству України про охорону праці („Закон України про охорону праці”), умови при яких виконуються роботи (у тому числі і даний дипломний проект) повинні відповідати нормативним вимогам охорони праці.

Розглянемо питання охорони праці при проектуванні водогрійного котла ПТВМ-100.

Котел водогрійний розташований всередині приміщення, тягодуттєві машини - поза межами приміщення.

У даному розділі розроблені необхідні технічні рішення та організаційні заходи з безпечної експлуатації парового котла, а також вжиті основні заходи з виробничої санітарії, гігієни праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях.

5.1 Технічні рішення та організаційні заходи з безпеки експлуатації устаткування котельні

Котел стаціонарний установлений у приміщенні котельного цеху, що відповідає вимогам [СНИП II-35-76 "Котельні установки", СНИП II-58-75 "Електростанції теплові", ДНАОП 0.00-1.08-94 "Правила пристрою й безпечної експлуатації парових і водогрійних котлів"]. Котел з його допоміжним устаткуванням являє собою величезний комплекс різноманітного устаткування, яких необхідно обслуговувати, тобто до якого необхідно мати доступ. Проходи в котельні мають вільну висоту не менше 2 м. Для зручності й безпечного обслуговування котла встановлені постійні площадки й сходи з поруччям висотою не менш 0,9 м із суцільним обшиванням по низу не менш 100 мм.

Перехідні площадки й сходи мають поруччя по обидва боки. Площадки довжиною більше 5 м мають не менше двох сходів, розташованих у протилежних кінцях [ДНАОП 0.00-1.08-94 "Правила пристрою й безпечної експлуатації парових і водогрійних котлів"].

На маховику запірних арматур зазначений напрямок його обертання при відкриванні або закриванні арматури.

- приладами для виміру тиску;

					ТП - 381мп 15 003 ПЗ	Арк.
						100
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Котел обладнаний манометром прямої дії. Він вибирається з такою шкалою, щоб межа виміру робочого тиску перебувала у другій третині шкали. Установлений так, щоб його показання були чітко видно обслуговуючому персоналу. Манометри і з'єднуючі їх з котлом трубопроводи захищені від замерзання.

- приладами для виміру температури;

Котли обладнані приладами для контролю швидкості й рівномірності прогріву по довжині й висоті посудини й приладами для контролю теплових переміщень.

- запобіжними пристроями;

Котел обладнаний запобіжними пристроями від підвищення тиску вище припустимого значення. Для цього застосовуються - імпульсні запобіжні клапани. Запобіжні пристрої встановлюються на патрубках або трубопроводах, безпосередньо приєднаних до посудини.

5.1.1 Електробезпека

У котельному цеху розміщене таке устаткування:

- електроспоживачі напруги 380/220В, які живляться від мережі із глухозаземленою нейтраллю, та занулення (тип TN-C)

- електродвигуни напруги 6,3 кВ, які живляться від мережі з ізольованою нейтраллю (тип IT).

При експлуатації електродвигунів механізмів власних потреб виконують наступне:

- не допускають навантаження механізму вище номінального струму електродвигуна й зниження напору насоса нижче гранично припустимого;

- періодично контролюють нагрівання електродвигуна на дотик і по термopарах опору.

Для електричних мереж застосовують різні кабелі з використанням алюмінію, як матеріалу, для струмоведучих жил, а при необхідності особливої гнучкості - міді.

По небезпеці електротравматизма котельний цех відносять до 3-ї категорії приміщень ("особливо небезпечні"), тому що присутні два фактори небезпеки – струмопровідна підлога й можливість одночасного дотику до корпусу електроспоживачів і металоконструкції, які мають контакт із землею.

Прийняте в проекті електротехнічне устаткування, апаратури, кабелі й проводи, розподільні пристрої всіх видів і напруг по своїх номінальних параметрах задовольняють умовам роботи як при нормальних режимах, так і при коротких замиканнях, перенапругах, перевантаженнях.

Технічні рішення по запобіганню електротравм від контакту з нормально струмоведучими елементами електроустановок:

					ТП - 381мп 15 003 ПЗ	Арк.
						101
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- ізоляція нормально струмоведучих елементів відповідно до [Правила пристрою електроустановок. - М.: Энергоатомиздат, 1986., ДНАОП 0.00-1.21-98 Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів. Держнаглядохоронпраці];

- використання позначень в електроустаткуванні щоб уникнути помилкових дій при обслуговуванні й експлуатації електроустаткування (напису, таблички, попереджувальні знаки, сигналізація)

- підведення кабелю до споживачів у трубах, у закритих конструкціях підлоги, розведення електромережі в приміщенні в каналах стін, підлоги, стелі.

- застосовані блокування безпеки (не дозволяють відкрити комутаційні апаратури без відключення джерела живлення - реле).

- джерела освітлення розташовані на висоті 2,5м. над робочим місцем.

- пускові апарати електродвигунів встановлені поза приміщенням котельні.

- напруга освітлювальної мережі в котельному цеху, як і по всій станції, прийнято 220В з заземленої нейтраллю.

Технічні рішення по запобіганні електротравматизму при переході напруги на нормально неструмоведучі елементи електроустаткування:

- захисне заземлення (установки 6,3 кВ; як заземлюючі пристрої застосовані металеві колони, балки);

- занулення (електроспоживачі на напругу 380/220В).

Вимога до заземлення: опір заземлюючого пристрою залежно від величини напруги , що підводить до споживача електроенергії, потужності споживача й режиму нейтралі може бути в межах – 10 - 4 Ом при напрузі до 1000В и в межах 0,5 - 10 Ом при напрузі більше 1000В.

Вимоги до занулення: забезпечення необхідної кратності струму КЗ (3...1,25) залежно від типу запобіжного приладу; забезпечення цілісності нульового проводу достатня його провідність - за рахунок достатнього вибору його перетину й використання повторних заземлень нульового проводу [“Правила пристрою електроустановок”, Энергоатомиздат, 1986; ДНАОП 0.00-1.21-98 “Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів”; ”ССБТ.Електробезпечність.Захисне заземлення, занулення. Зміни,1987].

Всередині котельного цеху по периметру приміщення виконаний контур заземлення, до якого підключається все електроустаткування. Внутрішній контур заземлення у двох місцях підключається до існуючого зовнішнього контуру заземлення.

Передбачено захист всіх будинків і споруд за допомогою блискавкоприймальних сіток, покладених на покритті будинків, сітки надійно приєднані не менш, ніж двома спусками до зовнішнього контуру заземлення.

					ТП - 381мп 15 003 ПЗ	Арк.
						102
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5.2 Технічні рішення та організаційні заходи з гігієни праці і виробничої санітарії

У котельні, у процесі праці, на людину довгостроково впливають різноманітні несприятливі фактори, які можуть привести до захворювання й втрати працездатності.

Умови й фактори, що несприятливо впливають на організм людини, можна розділити на три основних види: фізичні (температура, шум, вібрації); хімічні (пил, гази, пара); біологічні.

Основні виробничі фактори, що визначають санітарно-гігієнічні умови праці:

- мікроклімат;
- склад повітряного середовища;
- шум;
- вібрації.

Для забезпечення комфортних умов роботи експлуатаційного персоналу й зменшення впливу шкідливих виробничих факторів, у котельному цеху передбачена автоматизація керування виробничими процесами, тобто контроль за основними параметрами і їхнім регулюванням здійснюється зі спеціального приміщення - щитової, де вплив шкідливих факторів легше звести до мінімуму. У котельному цеху передбачені приміщення для відпочинку й прийому їжі персоналом, ремонтна майстерня, лабораторія й т.д. Технічними рішеннями по виробничій санітарії зменшується дія шкідливих факторів.

Технологічні процеси в котельному цеху характеризуються наступними шкідливими факторами:

- можливість загазованості через витоки природного газу й димових газів з хвостової частини котла, через нещільності в газоходах й арматурах;
- шум, вібрація, які викликані роботою вентиляторів, димососів, насосів;
- можливість витоку пари через свищі й нещільності в запірних арматурах;
- виробничі випромінювання.

5.2.1 Мікроклімат робочої зони

Припустимий мікроклімат у приміщенні котельні забезпечується підтримкою теплової рівноваги між організмом і навколишнім середовищем, підтримкою на заданому рівні нормованих параметрів, що визначають мікроклімат - температура (t , °C), відносна вологість повітря (W , %), швидкість його переміщення (V , м/с).

Оптимальні й припустимі параметри мікроклімату згідно [ДСН 3.3.6.042-99 "Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень"] наведені в таблиці 5.1.

					ТП - 381мп 15 003 ПЗ	Арк.
						103
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 5.1 - Оптимальні й припустимі параметри мікроклімату

Пора року	Оптимальні (щитова)			Припустимі (котельн. отд-і.)		
	t, °C	W,%	V, м/с	t, °C	W,%	V, м/с
Теплий	23...25	40-60	≤0,1	22...28	До 55	0,1...0,2
Холодний	22...24	40-60	≤0,1	21...25	До 75	≤0,1

З метою забезпечення необхідних по нормативах параметрів мікроклімату проектом передбачено:

- проточна вентиляція з подачею повітря;
- витяжна вентиляція, для видалення повітря з котельного цеху з верхньої зони;
- автоматизація технологічних процесів (керування процесом дистанційно із щитових приміщень);

- зменшене виділення тепла й вологи за рахунок удосконалення устаткування й технологічного процесу.

- вентильовання приміщення з метою профілактики теплових травм, а також забезпечення необхідної температури повітря; вимір температури повітря в приміщенні проводиться три рази за робочу зміну; виміри проводяться на висоті 1 метра при виконанні робіт сидячи й на висоті 1.5 метра при виконанні робіт стоячи;

- при виконанні робіт поблизу поверхонь устаткування, що має високу температуру, передбачене екранування поверхонь теплоізоляційними щитами (екранами), при необхідності використовуються засоби індивідуального захисту.

Вентиляція й опалення котельні забезпечують видалення надлишків вологи, їдких газів, пилу й підтримують наступні температурні умови, згідно [ДСН 3.3.6.042-99 "Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень".]:

а) у зоні постійного перебування обслуговуючого персоналу температура повітря взимку не нижче 12 °C, а влітку не більше ніж на 5 °C перевищує температуру зовнішнього повітря;

б) в інших місцях можливого перебування обслуговуючого персоналу температура повітря не більше ніж на 15 °C вище температури в основній зоні;

в) у щитовій зоні, постійного знаходження персоналу, передбачене кондиціонування.

5.2.2 Склад повітря робочої зони.

Забруднення повітря робочої зони регламентується гранично припустимими концентраціями (ГДК) у мг/м³. Їх гранично припустимі концентрації нормуються відповідно до [ГОСТ 12.1.005-88. ССБТ. Загальні санітарно-гігієнічні вимоги до повітря робочої зони.].

Для забезпечення необхідного складу повітря робочої зони проектом передбачено:

					ТП - 381мп 15 003 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		104

- приточна вентиляція;
- витяжна вентиляція;
- сигналізація загазованості котельного цеху;
- димосос і вентилятор розташовані поза приміщенням котельні на окремій площадці;
- виконується періодичний контроль складу повітря робочої зони.

5.2.3 Виробниче освітлення

Котельний цех забезпечується природним світлом через віконний проріз. Також передбачене штучне освітлення у вигляді газорозрядних ламп. Для аварійного освітлення передбачені акумуляторні ліхтарі.

Аварійним освітленням обладнані наступні місця:

- фронт котлів, а також проходи між котлами, позад котлів і над котлами;
- щити й пульти керування;
- водовказівні й вимірювальні прилади;
- насосне встаткування.

Освітленість приміщення котельні відповідає вимогам [ДБН В.2.5-28-2018. Природне штучне висвітлення. Норми проектування.]

Природне освітлення.

Природне освітлення нормується параметром природного освітлення:

$$КПО = e = \frac{E_{внутр.}}{E_{наружн.}} \cdot 100\% \quad (5.1)$$

де $E_{внутр.}$ – внутрішнє освітлення приміщення;

$E_{наружн.}$ - освітлення розсіяним світлом всього небозводу.

Для умов, які розглядаються в проекті система природного освітлення (бічне), нормативне значення коефіцієнта $e_{нр}$ розраховується по наступній формулі:

$$e_{нр} = e_n \cdot m, \quad (5.2)$$

де e_n - відповідно коефіцієнти світлового клімату. Для даних умов коефіцієнт природної освітленості $e_n = 1,5\%$, $m = 0,85$, тоді нормоване значення КПО

$$e_{нр} = 1,5 \cdot 0,85 = 1,275\% \quad (5.3)$$

Вибір величини віконних прорізів здійснюється виходячи з багатьох факторів: пояса, мата, розташуванню вікон стосовно сторін світла, інших будівель, що перебувають у видимості й т.д.

5.2.4 Штучне освітлення

Штучне освітлення згідно ДБН В.2.5-28-2006. Природне й штучне освітлення. Норми проектування підрозділяється на робоче, аварійне, евакуаційне, охоронне.

					ТП - 381мп 15 003 ПЗ	Арк.
						105
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Критерієм штучного освітлення прийняті:

- освітленість Е;
- показник дискомфорту М;
- коефіцієнт пульсації освітленості Кп.

Штучне освітлення нормується згідно [ДБН В.2.5-28-2018]. Природне й штучне освітлення. Норми проектування, з огляду на розряд, підрозряд робіт, систему освітлення й тип джерела світла. Нормованим параметром є освітленість Е. По методу коефіцієнтів використання світлового потоку, розраховується загальне штучне освітлення.

Організація раціонального освітлення робочих місць і будівельних майданчиків є одним з основних питань охорони праці. Від пристрою освітлення багато в чому залежить продуктивність і безпека праці, а також якість виконуваних робіт. Для забезпечення нормативного значення Е передбачено:

- системи робочого, аварійного й евакуаційного освітлення;
- аварійне освітлення живиться від джерела постійного струму (12В), резервується від акумуляторних батарей;
- як джерело освітлення застосовуються газорозрядні лампи типу ДРП і лампи накаливання 220 В в випадку якщо світильник розташовується вище ніж 2,5 м від підлоги, також лампи накаливання використовуються в коридорах, на сходах, площадках обслуговування ;
- у приміщеннях, де постійно перебуває персонал, встановлюються люмінесцентні лампи.

5.2.5 Виробничі вібрації

Згідно [Правила будови і безпечної експлуатації трубопроводів пари та гарячої води, Держнаглядохоронпраці] нормуються припустимі величини віброшвидкості (м/с) або віброприскорення (м/с²), або логарифм віброшвидкості

$$L = 20 \lg \frac{V_1}{V_0}, \text{дБ} \quad (5.4)$$

де: V_1 - середньоквадратичне значення віброшвидкості за повний період часу, м/с;

$V_0 = 5 \cdot 10^{-8}$ м/с - вихідне значення віброшвидкості.

Джерелами вібрації є: електричні машини, насоси, трубопроводи, димососи, вентилятори, котел й ін. устаткування.

Згідно з [ДСН 3.3. 6.039-99 “Державні санітарні норми виробничої загальної та локальної вібрації”] категорія вібрації по санітарних нормах і критеріям оцінки – 3 «а».

Характеристика умов праці [ДСН 3.3. 6.039-99 “Державні санітарні норми виробничої

					ТП - 381мп 15 003 ПЗ	Арк.
						106
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

загальної та локальної вібрації”]: технологічна вібрація, що діє на операторів стаціонарних машин й устаткування й передається на робочі місця, що не мають джерел вібрації.

У котельні для загальної вібрації припустимі значення нормованого параметра в діапазоні октавних смуг зі середньгеометричними частотами 8 - 1000 Гц – 108дБА, $L V_{\text{факт}}=80\text{дБА}$.

Для зменшення впливу вібрації передбачено:

- установка всього встаткування, що є джерелом вібрації, на індивідуальні фундаменти із застосуванням матеріалів, які гасять вібрації [ДСН 3.3. 6.039-99 “Державні санітарні норми виробничої загальної та локальної вібрації”];
- на трубопроводах передбачена установка компенсаторів ;
- на повітроводах передбачені еластичні вставки.
- дистанційне керування встаткуванням, що виключає передачу вібрації на робочі місця, віброізоляція робочих місць.

5.2.6 Виробничі випромінювання

У процесі експлуатації встаткування котельні персонал піддається наступним виробничим випромінюванням:

- при роботі тепломеханічного встаткування - інфрачервоному випромінюванню;
- при виконанні зварювальних робіт - ультрафіолетовому випромінюванню.

Для інфрачервоного випромінювання нормується інтенсивність теплового випромінювання від поверхні нагрітого технологічного встаткування, освітлювальних приладів, інсоляція на постійних робочих місцях, залежно від опромінювальної поверхні тіла працюючого, категорії виконуваних робіт, тривалості впливу.

Інтенсивність теплового опромінення працюючих від нагрітих поверхонь технологічного встаткування, освітлювальних приладів, інсоляції на постійному й непостійному робочому місцях не повинна перевищувати 35 Вт/м² при опроміненні 50 % поверхні тіла і більше, 70 Вт/м² при опроміненні 25÷50 % тіла, 100 Вт/м² при опроміненні не більше 25 % поверхні тіла.

Технічні рішення по запобіганню шкідливого впливу на працюючих:

- температура поверхонь котлоагрегату не повинна перевищувати 50 градусів, а іншого встаткування 45 градусів, досягається застосуванням теплоізоляції.
- автоматизація технологічного процесу, дистанційне керування.
- робочі зони (місця) при необхідності екрануються.
- для зменшення дії ультрафіолетового випромінювання застосовують індивідуальний захист.

					ТП - 381мп 15 003 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		107

5.3 Безпека в надзвичайних ситуаціях

Безпека в надзвичайних ситуаціях регламентується ПЛАС. Одними із основних складових ПЛАС є розробка інструкцій щодо дій персоналу при аварійних ситуаціях, а також розробка технічних рішень та організаційних заходів щодо оповіщення, евакуації персоналу та дій у разі виникнення надзвичайних ситуацій.

5.3.1 Технічні рішення та організаційні заходи з безпеки при аварійних ситуаціях в котельному приміщені

Випадки аварійного зупинення і порушень у роботі котла підрозділяються на наступні групи:

Аварії, що вимагають негайного зупинення котла;

Порушення режимів, при яких тривала робота котла не допускається;

Порушення режимів, при яких потрібно розвантаження котла.

Котел повинен бути негайно зупинений дією захистів або персоналом у випадках:

- зниження витрати води через котел більш ніж на 10 сек.;
- падіння тиску води за котлом нижче більш ніж на 10 сек.;
- підвищення тиску води за котлом вище 16 кгс/см²;
- підвищення температури води за котлом
- підвищення температури води на виході з котла вище
- зниження тиску повітря перед пальниками нижче 70 мм вод. стовпа;
- зниження розрідження в топці до + 10 мм вод. стовпа.
- погасання факела в топці(з витримкою часу 2,5 сек.);
- виходу з ладу витратомірів мережної води котла (якщо при цьому виникають порушення режиму, що вимагають регулювання витрати);
- зникнення напруги на пристроях дистанційного і автоматичного управління, контрольно-вимірювальних приладах і колах захистів;
- вибуху в топці, вибуху або загоряння паливних відкладень у газоходах; при обвалі теплоізоляції, а також інших пошкодженнях, що загрожують персоналу або обладнанню;
- розриву мазутопроводу або газопроводу в межах котла;
- розриву труб водяного тракту або виявлення тріщин, в основних елементах котла (колекторах, камерах арматури, входних, вихідних, перепускних трубопроводах);
- пожежі, яка загрожує персоналу, устаткуванню, а також електричним колам дистанційного керування арматурою, що входить у схему захисту котла.

При спрацьовуванні захистів, що діють на зупинення котла, закриваються: ШЗК, газова засувка Г-11(Г-12,Г-13), кулькові крани на пальниках котла.

					ТП - 381мп 15 003 ПЗ	Арк.
						108
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Котел повинен бути зупинений за розпорядженням головного інженера ТМ у випадках:

- виявлення свищів у трубах поверхонь нагрівання, колекторах, вхідних, вихідних, перепускних трубопроводах, а також витікань, парінь в арматурі і фланцевих з'єднаннях;
- неприпустимого перевищення температури металу поверхонь нагріву якщо знизити температуру зміною режиму котла не вдається;
- різкого погіршення якості мережної води;
- несправності окремих захистів або пристроїв дистанційного й автоматичного керування, а також окремих контрольно-вимірювальних приладів.

При виникненні порушень в роботі і аварійних ситуацій необхідно:

вжити необхідні заходи для запобігання розвитку аварії, забезпечення безпеки людей, зберігання обладнання і відновлення нормального режиму.

ретельно стежити за показаннями приладів КВП, особливу увагу звернути на:

параметри мережної води перед і за котлом;

витрата води через котел і в магістралях;

стан тягодуттьових механізмів;

тиск палива перед котлом;

горіння в топці;

розрідження в топці.

Контролювати спрацьовування захистів, у випадку їхньої відмови виконати зупинення вручну ключем дистанційного відключення котла, або впливом на ШЗК по місцю. При зупиненні котла вручну виконати наступні операції:

закрити ШЗК і відсікаючу газову засувку до котла (якщо не відбулося її автоматичне закриття), закрити регулюючий клапан, на газопроводі до котла;

перевірити закриття газових кранів на пальниках і закрити ручні засувки на цих лініях;

переконатися у відсутності горіння в топці;

подальші операції виконувати відповідно до розд. 5 цієї інструкції.

Після зупинення котла з'ясувати причину виникнення порушення в роботі і вжити заходів до її усунення.

Після усунення причин порушення в роботі і його наслідків, приступити до відновлення нормального режиму роботи котла.

У випадку неможливості включення котла в роботу подальші операції виконувати в залежності від характеру майбутніх ремонтних робіт.

					ТП - 381мп 15 003 ПЗ	Арк.
						109
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

У залежності від причин аварійного зупинення котла необхідно виконати наступні додаткові операції:

При розриві колекторів мережних трубопроводів або труб поверхонь нагрівання:

- відключити котел від тепломережі;
- здренувати воду з котла;
- при великому викиді пари в приміщення котельні вжити заходів до вентиляції.

У випадку вибуху в топці і газоходах котла провести ретельний огляд котла і допоміжного обладнання, визначити обсяг ушкоджень і вжити заходів з їх усунення.

У випадку розриву паливопровода:

- негайно відключити ушкоджену ділянку засувками;
- перевірити щільність відключеної ділянки, у випадку нещільності запірної арматури вжити заходів до усунення нещільностей;
- підготувати засоби пожежогасіння;
- у районі витоку палива не допускати зварювання і різання, включення і виключення електричної комутаційної апаратури;
- при розриві мазутопровода приступити до видалення мазуту, що розлився, із приміщення котельні;
- при розриві газопроводу виконати посилену вентиляцію приміщення котельні;
- перевірити на загазованість місця, що погано вентилуються, та не допускати людей у район витоку палива.

У разі загоряння зольних відкладень на поверхнях нагрівання або в газоході котла:

- після відключення котла відключити ДВ, Д, закрити шибера і направляючі апарати вентиляторів і димососів;
- подати воду для гасіння пожежі з пожежного водопроводу.

У випадку виявлення свищів у трубах поверхні нагрівання посилити контроль за горінням у топці котла, огородити місце дефекту та вивісити попереджувальні плакати.

У разі погіршення якості води перед котлом, з дозволу Ст. ЧД ОДУ ТМ необхідно знизити температуру води за котлом.

У випадку несправності окремих захистів або пристроїв дистанційного і автоматичного керування, підсилити контроль за роботою котла і в разі потреби, виконати операції по керуванню вручну.

При виникненні порушень в роботі необхідно доповісти Ст.ЧД ОДУ ТМ, начальнику РК і керівництву СТД, записати в оперативному журналі час події, характер порушень у роботі котла, відомості про загоряння світлових табло і блінкерах, що випали, виконані

					ТП - з81мп 15 003 ПЗ	Арк.
						110
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

операції по усуненню порушень у роботі котла, відзначити крейдою блінкера (вказівні реле), які спрацювали при роботі технологічних захистів.

При ліквідації аварійних ситуацій діяти у відповідності до "Інструкції з попередження і ліквідації технологічних порушень, "Плану ліквідації аварій у газовому господарстві" і "Оперативного плану пожежогасіння на РК "Молодь".

Приймання та здача зміни під час ліквідації порушень технологічного режиму забороняється.

Для підвищення безпеки в надзвичайних ситуаціях пропонується встановлення системи

оповіщення виробничого персоналу.

Оповіщення про надзвичайну ситуацію та управління евакуацією людей здійснюється наступними способами:

поданням звукових сигналів в усі виробничі приміщення будівлі з постійним аботимчасовим перебуванням людей;

розміщенням знаків безпеки на шляхах евакуації згідно з ДСТУ ISO 6309;

ввімкненням евакуаційних знаків "Вихід";

зв'язком оперативного (чергового) персоналу системи оповіщення (диспетчера пожежного поста) із зонами оповіщення.

5.3.2 Пожежна безпека

У котельні пожежа може виникнути при порушенні ізоляції проводів, при короткому замиканні, порушенні правил експлуатації електроустаткування.

Основними джерелами пожежі у котельному приміщенні є:

- пилопроводи;
- пальники;
- кабельні траси;
- розподільні щитки.

Пожежна безпека - це стан об'єкта, при якому з регламентованою ймовірністю виключається можливість його виникнення й розвитку пожежі, а при його виникненні забезпечуються умови для локалізації, захисту людей і матеріальних цінностей.

Пожежна безпека досягається:

- системою запобігання пожежі;
- системою протипожежного захисту;
- організаційно-технічними заходами.

Основні пожежонебезпечні речовини й матеріали по яких визначається категорія пожежонебезпеки й клас приміщення:

					ТП - 381мп 15 003 ПЗ	Арк.
						111
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- природний газ: група горючості ГГ, $t_{\text{ВСП}} = 500 \div 700 \text{ }^{\circ}\text{C}$, $\text{кн} = 3 \%$, $\text{кв} = 15 \%$;
- мазут ТМ-100: група горючості ГЖ, $t_{\text{ВСП}} = 100 \div 140 \text{ }^{\circ}\text{C}$
- трансформаторне масло: група горючості ГГ, $t_{\text{СВ}} = 300^{\circ}\text{C}$, $t_{\text{ВСП}} = 135^{\circ}\text{C}$,
 $t = 122^{\circ}\text{C}$, $t = 165^{\circ}\text{C}$;
- турбінне масло: група горючості ГЖ, $t_{\text{СВ}} = 400^{\circ}\text{C}$, $t_{\text{ВСП}} = 184^{\circ}\text{C}$, $t = 148 \text{ }^{\circ}\text{C}$, $t = 182 \text{ }^{\circ}\text{C}$;
- водень: група горючості ГГ, $t_{\text{СВ}} = 510 \text{ }^{\circ}\text{C}$, $\text{кн} = 4 \%$, $\text{кв} = 75 \%$.

Згідно [ДСТУ Б.В.1.1-36:2016 Визначення категорій приміщень і будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпекою], котельня ставиться до категорії Г з ступенем вогнестійкості III (основні: несучі конструкції неспаленні (залізобетонні перекриття), а не несучі - важко спаленні).

Можливі фактори пожежі в приміщенні:

- порушення протипожежного режиму (використання побутових нагрівальних приладів, паління і т.п.);
- несправність електрообладнання (пробій ізоляції і т.п.).

Засоби протипожежної безпеки:

згідно з ДБН В2.5-56-2014 в приміщенні встановлено димові сповіщувачі СПД-1, а в коридорі - теплові сповіщувачі ПП-105.4, які входять до складу автоматичних систем пожежної сигналізації;

встановлено звуковий сповіщувач в приміщенні сходової клітини, для оповіщення людей про пожежу;

в приміщенні суворо заборонено використання побутових нагрівальних приладів, палити;

двері відкриваються назовні;

ширина дверного отвору 1м, що задовольняє нормативним вимогам – не менш 0,8м.

кількість одночасно працюючого персоналу 3 особи, що задовольняє нормативним вимогам – не більше 25 осіб при одному виході,

висота дверного отвору складає 2м, що задовольняє нормативним вимогам не менш 2м ,

в приміщенні суворо забороняється зберігати вогнебезпечні речовини та вироби (тканина, рослинні масла, лакофарби и т.п.).

В приміщенні і в коридорі розташовані 2 види вогнегасників: порошковий і вуглекислотний. Кількість та умови їх використання відповідають ISO 3941-2007 та ДСТУ3675-98.

					ТП - 381мп 15 003 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		112

Робочі приміщення відповідають всім вимогам з пожежної безпеки відповідно до НАПБ В.1.034-2005 «Правила пожежної безпеки в Україні» та НАПБ А.01.001-2004 «Правила пожежної безпеки на підприємстві та організації енергетичної галузі України» та НАПБ В.01.34-2005 «Правила ПБ в компаніях та організаціях енергетичної галузі України».

5.4 Висновки до розділу 5

В данному розділі були запропоновані технічні рішення з безпеки експлуатації устаткування котельні, технічні рішення та організаційні заходи з гігієни праці й виробничої санітарії, також розглянуті питання з безпеки надзвичайних ситуацій.

					ТП - 381мп 15 003 ПЗ	Арк.
						113
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

6 РОЗРОБЛЕННЯ СТАРТАП-ПРОЕКТУ

Стартап як форма малого ризикового (венчурного) підприємництва впродовж останнього десятиліття набула широкого розповсюдження у світі через зниження бар'єрів входу в ринок (із появою Інтернету як інструменту комунікацій та збуту стало простіше знаходити споживачів та інвесторів, займатись пошуком ресурсів, перетинати кордони між ринками різних країн), і вважається однією із наріжних складових інноваційної економіки, оскільки за рахунок мобільності, гнучкості та великої кількості стартап-проектів загальна маса інноваційних ідей зростає.

Проте створення та ринкове впровадження стартап-проектів відзначається підвищеною мірою ризику, ринково успішними стає лише невелика частка, що за різними оцінками складає від 10% до 20%. Ідея стартап- проекту, взята окремо, не вартує майже нічого: головним завданням керівника проекту на початковому етапі його існування є перетворення ідеї проекту у працюючу бізнес-модель, що починається із формування концепції товару (послуги) для визначеної клієнтської групи за наявних ринкових умов. Розроблення та виведення стартап-проекту на ринок передбачає здійснення низки кроків, в межах яких визначають ринкові перспективи проекту, графік та принципи організації виробництва, фінансовий аналіз та аналіз ризиків і заходи з просування пропозиції для інвесторів. Етапи розроблення стартап-проекту можна подати таким чином.

6.1 Етапи розроблення стартап-проекту

6.1.1 Маркетинговий аналіз стартап-проекту

В межах цього етапу:

- розробляється опис самої ідеї проекту та визначаються загальні напрями використання потенційного товару чи послуги, а також їх відмінність від конкурентів;
- аналізуються ринкові можливості щодо його реалізації;
- на базі аналізу ринкового середовища розробляється стратегія ринкового впровадження потенційного товару в межах проекту.

6.1.2 Організація стартап-проекту

В межах цього етапу:

- складається календарний план-графік реалізації стартап-проекту;
- розраховується потреба в основних засобах та нематеріальних активах;
- визначається плановий обсяг виробництва потенційного товару, на основі чого формулюється потреба у матеріальних ресурсах та персоналі;
- розраховуються загальні початкові витрати на запуск проекту та пільги

					ТП - 381мп 15 003 ПЗ	Арк.
						114
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

загальногосподарські витрати, необхідні для реалізації проекту.

6.1.3 Фінансово-економічний аналіз та оцінка ризиків проекту

В межах цього етапу:

- визначається обсяг інвестиційних витрат;
- розраховуються основні фінансово-економічні показники проекту (обсяг виробництва продукції, собівартість виробництва, ціна реалізації, податкове навантаження та чистий прибуток) та визначаються показники інвестиційної привабливості проекту (запас фінансової міцності, рентабельність продажів та інвестицій, період окупності проекту);
- визначається рівень ризикованості проекту, визначаються основні ризики проекту та шляхи їх запобігання (реагування на ризики).

6.1.4 Заходи з комерціалізації проекту

Цей етап спрямовано на пошук інвесторів та просування інвестиційної пропозиції (оферти).

Він передбачає:

- визначення цільової групи інвесторів та опису їх ділових інтересів;
- складання інвест-пропозиції (оферти): стислої характеристики проекту для попереднього ознайомлення інвестора із проектом;
- планування заходів з просування оферти: визначення комунікаційних каналів та площадок та планування системи заходів з просування в межах обраних каналів;
- планування ресурсів для реалізації заходів з просування оферти.

Позначені етапи, реалізовані послідовно та вчасно створюють передумови для успішного ринкового старту. Проте фахівці зі створення та ро звітку стартап-проектів окремо відзначають, що відсутність маркетингових знань та умінь, що уможливають розробку ринково затребуваного проекту із вихідної ідеї, є основною причиною високого рівня банкрутств стартап-компаній, і ця проблема може бути вирішена за рахунок навчання винахідників.

У розділі «Розроблення стартап-проекту» буде виконано перший етап, а саме маркетинговий аналіз – виявити ринкові можливості використання результатів роботи.

6.2 Мета та завдання проведення маркетингового аналізу

Метою розділу є формування інноваційного мислення, підприємницького духу та формування здатностей щодо оцінювання ринкових перспектив і можливостей комерціалізації основних науково-технічних розробок, сформованих у попередній частині магістерської дисертації у вигляді розроблення концепції стартап-проекту в умовах висококонкурентної ринкової економіки глобалізаційних процесів.

					ТП - 381мп 15 003 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		115

Завдання розділу полягає в маркетинговому аналізі перспектив реалізації запропонованих студентом науково-технічних рішень та пропозицій, оцінювання можливостей їх ринкового впровадження.

6.3 Етапи маркетингового аналізу стартап-проекту

Розділ має на меті проведення маркетингового аналізу стартап проекту задля визначення принципової можливості його ринкового впровадження та можливих напрямів реалізації цього впровадження. Проведення маркетингового аналізу передбачає виконання нижченаведених кроків.

6.3.1 Опис ідеї проекту (товару, послуги, технології)

В межах підпункту слід послідовно проаналізувати та подати у вигляді таблиць:

- зміст ідеї (що пропонується);
- можливі напрямки застосування;
- основні вигоди, що може отримати користувач товару (за кожним напрямком застосування);
- чим відрізняється від існуючих аналогів та замінників;

Перші три пункти подаються у вигляді таблиці 6.1 і дають цілісне уявлення про зміст ідеї та можливі базові потенційні ринки, в межах яких потрібно шукати групи потенційних клієнтів.

Таблиця 6.1 – Опис ідеї проекту

Зміст ідеї	Напрямки застосування	Вигоди для користувача
Створення компанії з модернізації штатних пальників і впровадженні МГП технологій	Модернізація існуючих систем теплопостачання для підвищення енергетичної та екологічної ефективності обладнання	Збільшення якості продукції, що випускається, зниження капітальних витрат, новаційність
	Аналіз існуючих систем і їх модернізація, що дозволить економити кошти на енергоресурси, реконструкцію, зменшити викиди в навколишнє середовище	Зниження витрат на реконструкцію обладнання, економія палива, зниження себестоимості кінцевого продукту, дотримання екологічних норм

6.3.2 Аналіз потенційних техніко-економічних переваг ідеї (чим відрізняється від існуючих аналогів та замінників) порівняно із пропозиціями конкурентів передбачає:

визначення переліку техніко-економічних властивостей та характеристик ідеї;

визначення попереднього кола конкурентів (проектів-конкурентів) або товарів-замінників чи товарів-аналогів, що вже існують на ринку, та проводиться збір інформації щодо значень техніко-економічних показників для ідеї власного проекту та проектів-конкурентів відповідно до визначеного вище переліку;

проводиться порівняльний аналіз показників: для власної ідеї визначаються показники, що мають: а) гірші значення (слабкі); б) аналогічні (нейтральні) значення; в) кращі значення (сильні) (таблиця 6.2).

Визначений перелік слабких, сильних та нейтральних характеристик та властивостей ідеї потенційного товару є підґрунтям для формування його конкурентоспроможності.

Таблиця 6.2- Визначення сильних, слабких та нейтральних характеристик ідеї проекту

Техніко-економічні характеристики ідеї	(потенційні) товари/концепції конкурентів				W (слабка сторона)	N (нейтральна сторона)	S (сильна сторона)
	Мій проект	Конкурент1	Конкурент2	Конкурент3			
Розташування	Україна	Італія	Росія	Німеччина			Мінімальні витрати
Екологічність системи	Висока	Висока	Середня	Висока			Застосування трубчатих технологій
Витрати на модернізацію	Низькі	Високі	Середні	Високі			Мінімальні витрати
Ціна	5000€	36000	6500€	7500€			Нижча за аналоги

6.3.3 Технологічний аудит ідеї проекту

В межах даного підрозділу необхідно провести аудит технології, за допомогою якої можна реалізувати ідею проекту (технології створення товару).

Визначення технологічної здійсненності ідеї проекту передбачає аналіз таких складових (таблиця 6.3):

- за якою технологією буде виготовлено товар згідно ідеї проекту?
- чи існують такі технології, чи їх потрібно розробити/добробити?
- чи доступні такі технології авторам проекту?

За результатами аналізу таблиці робиться висновок щодо можливості технологічної реалізації проекту: так чи ні, а також технологічного шляху, яким це доцільно зробити (з поміж названих технологій обираються такі, що доступні авторам проекту та є наявними на ринку).

Таблиця 6.3 – Технологічний аудит ідеї проекту

Ідея проекту	Технології її реалізації	Наявність технологій	Доступність технологій
Комплексні рінення	Всебічне дослідження структури системи, енергоаудит об'єкта	Наявна	Наявна. Є інтелектуальною власністю компанії.
Тісна співпраця з замовником	Повний супровід проекту замовника, післягарантійне обслуговування	Наявна	Наявна. Є інтелектуальною власністю компанії
Використання інноваційних екологічних методів аналізу	За результатами енергоаудиту, виконується комплексний енергетичний аналіз установок і систем	Наявна	Наявна. Є інтелектуальною власністю компанії

6.3.4 Аналіз ринкових можливостей запуску стартап-проекту

Визначення ринкових можливостей, які можна використати під час ринкового впровадження проекту, та ринкових загроз, які можуть перешкодити реалізації проекту, дозволяє спланувати напрями розвитку проекту із урахуванням стану ринкового середовища, потреб потенційних клієнтів та пропозицій проектів-конкурентів.

Спочатку проводиться аналіз попиту: наявність попиту, обсяг, динаміка розвитку ринку (таблиця 6.4).

Таблиця 6.4- Попередня характеристика потенційного ринку стартап- проекту

Показники стану ринку (найменування)	Характеристика
Кількість головних гравців, од	4
Загальний обсяг продаж, грн/ум.од	-
Динаміка ринку (якісна оцінка)	Зростає
Наявність обмежень для входу (вказати характер обмежень)	Корупція
Специфічні вимоги до стандартизації та сертифікації	-
Середня норма рентабельності в галузі (або по ринку), %	6

6.3.5 Надалі визначаються потенційні групи клієнтів, їх характеристики, та формується орієнтовний перелік вимог до товару для кожної групи (таблиця 6.5).

Таблиця 6.5- Характеристики потенційних клієнтів стартап-проекту

Потреба, що формує ринок	Цільова аудиторія (цільові сегменти ринку)	Відмінності у поведінці різних потенційних цільових груп клієнтів	Вимоги споживачів до товару
Конкуренція	Підприємства виробники обладнання, підрядні організації	Фактори, що формують поведінку клієнта: стандарти, технічні регламенти, ціна, конкуренція	Найнижча ціна, якість
Нормативні викиди у атмосферне повітря, при спалюванні природного газу	Комунальні підприємства міст, ТЕЦ	Фактори, що формують поведінку клієнта: стандарти, технічні регламенти, ціна	Робота в широкому діапазоні навантаження з паспортними показниками. Найнижча ціна

6.3.6 Після визначення потенційних груп клієнтів проводиться аналіз ринкового середовища: складаються таблиці факторів, що сприяють ринковому впровадженню проекту, та факторів, що йому перешкоджають (таблиця 6.6).

Таблиця 6.6- Фактори загроз

Фактор	Зміст загрози	Можлива реакція компанії
Зміна нормативної документації	Відмова від введення Європейських норм з охорони навколишнього середовища, зміна їх реалізації	Переорієнтація на ринки інших стран
Погіршення економічного стану в країні	Дефіцит коштів у підприємств на модернізацію	Переорієнтація на ринки інших стран
Виготовлення пальників в тіньовому секторі	Демпінгові, а не ринкові ціни на пальник	Позов до суду

6.3.7 Надалі проводиться аналіз пропозиції: визначаються загальні риси конкуренції на ринку (таблиця 6.7).

Таблиця 6.7- Ступеневий аналіз конкуренції на ринку

Особливості конкурентного середовища	В чому проявляється дана характеристика	Вплив на діяльність підприємства (можливі дії компанії, щоб бути конкурентоспроможною)
1. Вказати тип конкуренції - монополія	Відпускна ціна товару встановлюється однією компанією (державою)	Мінімальні витрати на виготовлення, позови до суду
2. За рівнем конкурентної боротьби - національний	Основним споживачем є вітчизняний виробник котельного обладнання	Оптимізувати витрати на виготовлення
3. За галузевою ознакою - внутрішньогалузева	Пальник розроблено для промислової енергетичної галузі та для комунального господарства	Оптимізувати витрати на виготовлення та модернізацію
4. Конкуренція за видами товарів: - товарно-видова	Зниження собівартості продукції	Пошук варіантів зниження собівартості продукції
5. За характером конкурентних переваг - цінова	В роздрібній ціні	Відкриття дилерських центрів
6. За інтенсивністю - не марочна	Висока якість товару	Оптимальне співвідношення "ціна - якість"

6.3.8 Фінальним етапом ринкового аналізу можливостей впровадження проекту є складання SWOT-аналізу (матриці аналізу сильних (Strength) та слабких (Weak) сторін, загроз (Troubles) та можливостей (Opportunities) на основі виділених ринкових загроз та можливостей, та сильних і слабких сторін.

Перелік ринкових загроз та ринкових можливостей складається на основі аналізу факторів загроз та факторів можливостей маркетингового середовища. Ринкові загрози та ринкові можливості є наслідками (прогнозованими результатами) впливу факторів, і, на відміну від них, ще не є реалізованими на ринку та мають певну ймовірність здійснення.

Таблиця 6.8 – SWOT -

<p>Сильні сторони (S):</p> <ul style="list-style-type: none"> – відсутність проблем з логістикою; – застосування технології МГП-паливників; – зменшення витрат на систему теплопостачання; 	<p>Слабкі сторони (W):</p> <ul style="list-style-type: none"> – для досягнення ефекту необхідний значний об'єм капіталовкладень; – корупційна складова;
<p>Можливості (O):</p> <ul style="list-style-type: none"> – надання конкурентноспроможних послуг; – збільшення загального показника енергоефективності; – участь в тендерних змаганнях по проектуванню сучасних систем; – залучення закордонних інвесторів для створення дослідних центрів; – створення інноваційних технологій у даній сфері, їх патентування; 	<p>Загрози (T):</p> <ul style="list-style-type: none"> – неспівпадіння розрахованих даних з такими ж в реальних умовах; – високий поріг при виході на ринок; – новизна технології – збільшення затрат на освоєння, зниження об'ємів виробництва; – промисловий шпіонаж;

6.4 Висновок до розділу 6

В даному розділі було визначено мету і завдання стартап-проекту, розроблено опис самої ідеї, проаналізовано ринкові можливості. Також були розглянуті заходи з комерціалізації проекту, проведено аналіз ринкових можливостей.

ВИСНОВКИ

Магістерська дисертація виконана з актуальної проблеми для енергетичних об'єктів країни, яка пов'язана із необхідністю підвищення енерго-екологічних показників експлуатації потужних енергетичних котлів на енергетичних об'єктах. Розроблені заходи технічного переоснащення штатної пальникової системи водогрійного котлоагрегату ПТВМ-100 дозволяють змінити у позитивному напрямі процеси теплопередачі у топці котла та знизити концентрації шкідливих викидів у атмосферне повітря у складі димових газів.

1. У магістерській дисертації на підставі вивчення головних особливостей роботи котла із штатною пальниковою системою, які характеризуються недосконалими особливостями горіння газового факелу та передачі теплоти до нагрівальних поверхонь топки котла. Високе значення коефіцієнту надлишку повітря, розбалансований рух аеродинамічних течій димових газів сприяє значному утворенню шкідливих речовин при спалюванні палива.

2. На підставі аналізу характеристик штатної пальникової системи, технічних та екологічних умов експлуатації котла та з використанням результатів моделювання аеродинамічних течій у пальнику та топці визначені основні недоліки роботи пальникової системи та запропоновано здійснити заміну штатних реєстрових пальників на мікрофакельні пальники.

3. За рахунок проведення досліджень на створеній математичній моделі мікрофакельного пальника доведені переваги його застосування у котлі для покращення енерго-екологічних умов його експлуатації: поля швидкостей газоповітряної суміші та концентрацій газу на виході з пальника мікрофакельного типу мають більш високий рівень рівномірності в порівнянні зі штатним пальниковим пристроєм, що забезпечує більш якісне сумішоутворення та спалювання суміші.

4. Розроблено нову конструкцію мікрофакельного пальника, який встановлюється у існуючу амбразуру штатного пральника без будь-яких змін конструкції котла та топкової камери, не змінюються системи подачі повітря та природного газу.

5. На підставі проведених натурних випробувань котла із новими мікрофакельними пальниками доведені їх переваги під час експлуатації котла, а саме: підвищилася енергетична ефективність роботи котла та знизилися викиди шкідливих речовин в атмосферу з димовими газами.

6. Розраховано економічний ефект від застосування мікрофакельного пальника у порівнянні із штатним пальником, який становить 318 135 грн. за опалувальний сезон, що робить доцільним модернізацію пальникової системи котла.

					ТП - 381мп 15 003 ПЗ	Арк.
						122
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

7. У розділі з охорони праці розглянуто питання по забезпеченню безпеки в надзвичайних ситуаціях. Окрім того, розроблено стартап-проект, який включає до себе ідею застосування мікрофакельних пальників для модернізації енергетичних котлів різної конструкції і типів з аналізом ринкової можливості її впровадження.

					ТП - з81мп 15 003 ПЗ	Арк.
						123
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- 1 <https://ukrns.org/publikatsii/item/1098-elektroenergetika-ukrainy-ot-vyzhivaniya-k-razvitiyu>
- 2 Крыжановский Ю.В. Структура и расчет газового факела /Ю.В. Крыжановский, В.Н. Крыжановский.- К.: «Освіта України», 2012 – 96 с. Стр7-12
- 3 Хитрин Л.Н. Физика горения и взрыва/ Л.Н. Хитрин. –М.: МГУ, 1957. - 442с.
- 4 Достияров А.М. Разработка топливосжигающих устройств с микрофакельным горением и методики их расчета: дис. док. техн. наук: 05.14.04 / Достияров А.М - г.Алматы: КазНИИ Энергетики им. Чокина, 2000. - 237с.
- 5 Зельдович Я.Б. Окисление азота при горении/ Я.Б. Зельдович. П.Я. Садовников, Д.А. Франк-Каменецкий - М. Изд-во Наука,1947. - 146с.
- 6 Умышев Д.Р. Разработка и исследование камеры сгорания ГТУ с пониженным образованием токсичных веществ :дис. на соискание степени док. философии. 6D071700 «Теплоэнергетика» / Д. Р. Умышев. – А., 2017. – 139 с.
- 7 Алямовский А.А. SolidWorks 2007/2008 компьютерное моделирование в инженерной практике/А.А. Алямовский . – П.: БХВ-Петербург, 2008. – 1040 с.
- 8 Иванов Ю.В. Основы расчета и проектирования газовых горелок./Ю.В. Иванов – М.:Гостоптехиздат, 1963. – 360 с.
- 9 Мікулін Г.О. Використання трубчастих модулів як елементів інтенсифікації горіння та підвищення енерго-екологічної ефективності газових пальників / Г.О. Мікулін, Г.М. Любчик, Г.Б. Варламов, Г.С. Марченко, С.О. Левчук,А.О. Зарицкий, А.В. Кардашев // Экотехнологии и ресурсосбережение. – 2003. – №4. – С.58-65.
- 10 Любчик Г.М. Емісійні характеристики пальників на базі трубчастих модулів /Г.М. Любчик, Г.С. Макаренко, Г.Б.Варламов и др. - Экотехнологии и ресурсосбережение.–2004.– №1.– С.73-79.
- 11 Мікулін Г.О. Використання трубчастих модулів як елементів інтенсифікації горіння та підвищення енерго-екологічної ефективності газових пальників / Г.О. Мікулін, Г.М. Любчик, Г.Б. Варламов та ін. - Екотехнології та ресурсосбереження.–2005.–№2.– С.65-72.
- 12 Любчик Г.Н., Микулин Г.А., Варламов Г.Б., Левчук С.А., Зарицкий А.А., Ольховская Н.Н. Использование конструктивных особенностей и аэродинамических эффектов насадка Борда при создании малотоксичных топливосжигающих модулей /Г.Н. Любчик, Г.А. Микулин,Г.Б. Варламов и др. - Технологические системы.- 2002 - № 2. С. 71-78
- 13 Мікулін Г. О. Використання трубчастих модулів як елементів інтенсифікації горіння та підвищення енергоекологічної ефективності газових пальників / Г.Н. Любчик, Г.А. Микулин,Г.Б. Варламов та ін - Экотехнологии и ресурсосбережение. 2003. №4. С.76-84
- 14 Закон України «Про охорону праці»;

					ТП - 381мп 15 003 ПЗ	Арк.
						124
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

15 СНиП 3.05.01 - 85. «Правила производства и приемки работ. Санитарно-техническое оборудование зданий и сооружений».

16 13 ДБН В.1.1-7-2002 «Пожежна безпека об'єктів будівництва»;

17 14 ДБН - В.2.2-9-99. «Громадські будинки та споруди»;

18 15 ДНАОП 0.00-1.32-01 Правила устройства электроустановок. Электрооборудование специальных установок.

19 16 СНиП 2.01.02-85 Противопожарные нормы.

20 17 Виконання магістерської дисертації за освітньо-професійною програмою: Навч. посіб. / КПІ ім. Ігоря Сікорського; М.Ф.Боженко. – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018. – 66 с.

					ТП - з81мп 15 003 ПЗ	Арк.
						125
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ЗАТВЕРДЖУЮ

Декан теплоенергетичного
факультету КПІ ім. Ігоря Сікорського
Є.М. Письменний

« » _____ 2019

ЗАТВЕРДЖУЮ

Генеральний директор
ТОВ «ЄВРО-РЕКОНСТРУКЦІЯ»
В.В. Селіванов

« » _____ 2019

ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

на проектно-конструкторську роботу

«Підвищення ефективності та екологічної чистоти експлуатації котла ПТВМ-100

Дарницької ТЕЦ-4 за рахунок застосування мікрофакельних пальників»

1. Термін виконання роботи

Початок – 02.09. 2019 р.

Закінчення – 16.12. 2019 р.

2. Обґрунтування для виконання роботи

Виконання даної роботи пов'язано з необхідністю підвищення екологічних показників енерговиробництва та забезпечення здатності енергетичної ефективності експлуатації котельних агрегатів, що використовують органічне паливо. Це особливо важливо для країни у даній час у зв'язку із введенням у дію у найближчий час Європейських норм за відповідними Директивами ЄС.

3. Мета роботи

Розробити заходи з підвищення енергетичної ефективності та екологічної чистоти експлуатаційних характеристик потужного енергетичного котла типу ПТВМ-100 за рахунок застосування сучасних інноваційних технологій паливоспалювання, до якої відноситься мікрофакельна технологія газоспалювання з використанням моделювання та оптимізації аеродинамічних та теплових процесів у топці котла.

4. Зміст основних етапів виконання роботи

- 1) Визначити особливості горіння газового факелу у котлі ПТВМ-100, та недоліки експлуатації його із штатними реєстровими пальниками.
- 2) Розрахувати параметри та тепловий баланс котлоагрегату.
- 3) Виконати опис штатної пальникової системи.
- 4) Провести моделювання топкових процесів роботи штатних та мікрофакельних пальників.
- 5) Обґрунтувати заміну штатних пальників на газові мікрофакельні типу МГП.
- 6) Виконати графічний матеріал
 - Креслення загальний вигляд котла ПТВМ-100;

- Креслення штатного пальника;
- Креслення загального виду пальника МГП;
- Схема тепломережних установок;
- Креслення трубних дошок, трубки.

5. Матеріали, що подаються після закінчення роботи

- 5.1. Пояснювальна записка (текстова частина магістерської дисертації).
- 5.2. Креслення.
- 5.3. Акт про впровадження результатів.

6. Порядок розгляду і приймання роботи

Результати роботи розглядаються на засіданні ЕК із захисту атестаційних робіт освітнього ступеня «магістр» за спеціальністю 144 «Теплоенергетика», освітньо-професійною програмою «Промислова та муніципальна теплоенергетика і енергозбереження».

Керівник роботи

професор, д.т.н. Варламов Г.Б.

(підпис)

(посада, ініціали, прізвище)

« » _____ 2019

Виконавець

Студент гр. ТП – 381 мп
ТЕФ КПІ ім. Ігоря Сікорського
О.Є. Чеботарьов

(підпис)

(ініціали, прізвище)

« » _____ 2019

ЗАТВЕРДЖУЮ

Генеральний директор
ТОВ «ЄВРО-РЕКОНСТРУКЦІЯ»
В.В. Селіванов

« » _____ 2019

АКТ ВПРОВАДЖЕННЯ

Результатів магістерської дисертації студента другого (магістерського)
рівня вищої освіти ТЕФ, НТУУ «КПІ імені Ігоря Сікорського»
Чеботарьова Олександра Євгеновича

Результати магістерської дисертації студента НТУУ «КПІ імені Ігоря Сікорського» Чеботарьова О.Є. за темою: «Підвищення ефективності та екологічної чистоти експлуатації котла ПТВМ-100 Дарницької ТЕЦ-4 за рахунок застосування мікрофакельних пальників» в частині аеродинамічних розрахунків штатної і мікрофакельної пальникових систем та розрахунків економії палива внаслідок впровадження енерго-екологічної системи паливо спалювання на базі МГП-пальників, використання для планування практичної діяльності підприємства з питань зниження викидів шкідливих та парникових газів та підвищення ефективності енерговиробництва.

« » _____ 2019

Додаток Г

Результати перевірки на плагіат



Власник документу:
Гавриш Андрій Сергійович

ID перевірки:
1000709406

Дата перевірки:
03.12.2019 12:47:02 GMT+0

Тип перевірки:
Doc vs Internet + Library

Дата звіту:
03.12.2019 12:47:51 GMT+0

ID користувача:
77138

Назва документу: Чеботарьов

ID файлу: 1000721254 Кількість сторінок: 42 Кількість слів: 9875 Кількість символів: 98329 Розмір файлу: 2.27 MB

11.3% Схожість

Найбільша схожість: 11.3% з джерело https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/24355/1/Osypenko_magistr.pdf

11.3% Схожість з Інтернет джерелами

1

Page 35

Додаток В
Список наукових праць

Ф.№ 3.3

СПИСОК НАУКОВИХ ПРАЦЬ
Чеботарьова Олександра Євгенівича

№ п/п	Найменування праць	Рукописні або друковані	Назва видавництва, журналу (номер, рік) або номер авторського свідоцтва, номер диплома на винахід	Кількість друкованих аркушів або сторінок разом	Прізвища співавторів праць
1	2	3	4	5	6
1.	Особливості аеродинамічних та теплових процесів у топці котла птвм-100 при заміні штатних пальників на мікрофакельні газові пальники	Друк.	XVI міжнародна науково-практична конференція аспірантів, магістрантів, студентів «Сучасні проблеми наукового забезпечення енергетики». Тези доповідей міжнародної науково-практичної конференції аспірантів, магістрантів і студентів, м. Київ, 23-26 квітня 2019 р.» – ел. посібник. – 2019.	1 стор	Варламов Г.Б.
2	Проблемы утилизации золошлаковых отходов	Друк	VII Международная научно – практическая конференция: «Актуальные проблемы транспорта и энергетики: пути их инновационного решения» Астана 15 марта 2019 г. /Подгот. Г.Т. Мерзадинова, Т.Б. Сулейменов, Т.Т. Султанов – Астана, 2019. – 561с.	5 стор	Варламов Г.Б.

Автор

О.Є. Чеботарьов

ВІДОМІСТЬ МАГІСТЕРСЬКОЇ ДИСЕРТАЦІЇ

№ з/п	Формат	Позначення	Найменування	Кількість аркушів	Примітка
1	A4		Завдання на магістерську дисертацію	2	
2	A4	ТП з81мп 15 003 ПЗ	Пояснювальна записка	129	
3	A1	ТП з81мп 15 003 001 ТМК	Трубопроводи води і конденсату	1	
4	A1	ТП з81мп 15 003 001 ТМК1	Гідравлічна схема	1	
5	A1	ТП з81мп 15 003 001 ВЗ	Котел водогрійний ПТВМ-100. Креслення загального вигляду	1	
6.	. A1	ТП з81мп 15 003 002 ВЗ	Котел водогрійний ПТВМ-100. Вид збоку	1.	
7	A1	ТП з81мп 15 003 002 ВЗ	Котел водогрійний ПТВМ-100. Вид зверху	1	
8	A1	ТП з81мп 15 003 001 ВЗ	Штатний палик. Креслення загального вигляду	1	
9	A1	ТП з81мп 15 003 001 СК	Мікрофакельний палик. Складальне креслення	1	
10	A1	ТП з81мп 15 003 002 СК		1	
11	A1	ТП з81мп 15 003 002 СК	Трубні дошки, трубка	1	

				ТП з81мп 15 003		
	ПІБ	Підп.	Дата			
Студент	Чеботарьов			Відомість магістерської дисертації	Аркуш	Аркушів
Керівн.	Варламов					1
Консульт.					КПІ ім. Ігоря Сікорського, Каф. ТПТ, Гр. ТП – з81мп	
Н.контр.	Боженко					
Зав.каф.	Варламов					